SONOGRAPHIE UND COMPUTER-TOMOGRAPHIE IM VERGLEICH BEI RAUMFORDERNDEN ERKRANKUNGEN DER NIERE

Martin Brommer

1981

Aus der Radiologischen Klinik und Poliklinik
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. J. Lissner

SONOGRAPHIE UND COMPUTER-TOMOGRAPHIE IM VERGLEICH BEI RAUMFORDERNDEN ERKRANKUNGEN DER NIERE

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Martin Brommer

aus

Lindenberg

München 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. J. Lissner
Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Januar 1981

Meinen lieben Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545801_0018

G L I E D E R U N G

1. Einleitung

1.1. Raumfordernde Nierenerkrankungen
1.1.1. Nierenkarzinome
1.1.2. Nierenzysten
1.2. Bisherige und neue Untersuchungsverfahren

2. Bisherige Untersuchungsverfahren und ihre Aussagemöglichkeiten

2.1. Ausscheidungsurogramm
2.1.1. Technischer Ablauf
2.1.2. Strahlenbelastung
2.1.3. Kontrastmittel-Risiko
2.1.4. Aussagefähigkeit
2.2. Angiographie
2.2.1. Technischer Ablauf
2.2.2. Strahlenbelastung
2.2.3. Komplikationsrisiko
2.2.4. Aussagefähigkeit

3. Sonographie (Ultraschall)

3.1. Technische Grundlagen
3.1.1. Ultraschall-Erzeugung und Ultraschall-Empfang
3.1.2. Schallwellenwiderstand
3.1.3. Ultraschall-Schwächung und Eindringtiefe
3.1.4. A-Scan
3.1.5. B-Scan
3.1.5.1. Compound-B-Scan
3.1.5.2. Real-Time-B-Scan
3.1.6. Auflösungsvermögen
3.2. Untersuchungstechnik
3.3. Typische Ultraschall-Befunde
3.3.1. Normale Niere
3.3.2. Nierenzyste
3.3.3. Solider Nierentumor
3.4. Abbildungs- und Auswerteprobleme
3.4.1. Artefakte
3.4.2. Differenzierung Zyste - Tumor bei atypischen Befunden

4. Computer-Tomographie

4.1. Technische Grundlagen
4.1.1. Abbildungsprinzip
4.1.2. Apparative Entwicklungen
4.1.2.1. Meßdatenerfassung
4.1.2.2. Röntgenröhren
4.1.2.3. Bildaufbau-Rechner
4.1.3. Dichteeinheiten und elektronisches Fenster
4.1.4. Auflösungsvermögen
4.2. Untersuchungstechnik
4.3. Typische Computer-Tomographie-Befunde
4.3.1. Normale Niere
4.3.2. Nierenzyste
4.3.3. Solider Nierentumor
4.4. Abbildungs- und Auswerteprobleme
4.4.1. Artefakte
4.4.2. Differenzierung Zyste - Tumor bei atypischen Befunden

5. Untersuchungsablauf

5.1. Verwendete Geräte
5.2. Kriterien für die Auswertung der Befunde

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

6.1. Histologisch gesicherte Diagnosen (Gruppe 1)
6.2. Angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherte Diagnosen (Gruppe 2)
6.3. Fälle ohne weitere Diagnostik (Gruppe 3)

7. Wertung der Ergebnisse und Fallbesprechung

7.1. Gruppe 1
7.1.1. Ergebnisse
7.1.2. Fallbesprechung
7.1.3. Treffsicherheit und Befundgröße
7.2. Gruppe 2
7.2.1. Ergebnisse
7.2.2. Fallbesprechung
7.2.3. Treffsicherheit und Befundgröße

7.3. Treffsicherheit und Lokalisation des Befundes
7.4. Gruppe 3 Ergebnisse

8. Diskussion

8.1. Artefakte
8.2. Treffsicherheit
8.3. Untersuchungsdauer
8.4. Quantifizierbarkeit
8.5. Abbildungsmöglichkeiten
8.6. Nebenwirkungen
8.7. Kosten
8.7.1. Raumbedarf
8.7.2. Personalbedarf
8.7.3. Anschaffungs- und Betriebskosten

9. Schlußfolgerungen für die Praxis

9.1. Empfohlenes diagnostisches Vorgehen
9.2. Ersatz von risikoreichen invasiven Untersuchungsmethoden durch risikoärmere nichtinvasive Verfahren

10. Zusammenfassung

1. Einleitung

1.1. Raumfordernde Nierenerkrankungen

Eine Hämaturie oder Rückenschmerzen sind häufig die ersten Symptome einer raumfordernden Nierenerkrankung. Wird eine solche Raumforderung im Ausscheidungsurogramm (AUG) diagnostiziert, so kommen differentialdiagnostisch vor allem Nierenzysten und solide Nierentumoren in Frage. In jedem Fall muß ein maligner Prozeß ausgeschlossen werden.

1.1.1. Nierenkarzinome

Nierenkarzinome machen etwa 2 % aller malignen Tumoren aus. Es werden etwa doppelt so viele Männer wie Frauen betroffen, das Prädilektionsalter liegt zwischen 50 und 70 Jahren (28, 53, 66). Bei der Auswertung von 23 000 Obduktionen fand Selberg bei knapp 1 % der Verstorbenen der zweiten Lebenshälfte ein Nierenkarzinom. Knapp ein Viertel davon waren klinisch diagnostiziert worden (69). Es sind Fälle von sehr langsamem Tumorwachstum beschrieben worden (55 d). Da ein Nierenkarzinom primär aber meist symptomlos bleibt, haben zum Zeitpunkt der Diagnose bereits 40 - 75 % der Patienten Fernmetastasen (28, 53, 55 d, 66, 69). Nach einer Sammelstatistik von Brühl e.a. aus dem Jahre 1975 (6) überleben 8,3 - 55 % aller Patienten eine Tumor-Nephrektomie mit Nachbestrahlung länger als 5 Jahre.

1.1.2. Nierenzysten

Eine Nierenzyste hat in den meisten Fällen keine Bedeutung für die Lebenserwartung eines Patienten. Bei autoptischen Reihenuntersuchungen wurden Zysten bei älteren Patienten in über 50 % des Obduktionsmaterials festgestellt (69). Je nach Größe und Lokalisation können sie bisweilen Druckgefühl in der Flankengegend oder unbestimmte abdominale Beschwerden auslösen. Durch mechanische Kompression des Nierenparenchyms oder des Harnleiterabganges kann es in seltenen Fällen zu Hämaturie und kolikartigen Schmerzen kommen (30).

1.2. Bisherige und neue Untersuchungsverfahren

Bisher standen folgende Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung, um diese zwei raumfordernden Prozesse voneinander zu unterscheiden:

- die Abdomenübersichtsaufnahme
- das Ausscheidungsurogramm mit Nephrotomogramm
- die Übersichtsaortographie und die selektive Nierenangiographie, gegebenenfalls als Pharmako-Angiographie

In den letzten Jahren wurden zwei neue Verfahren entwickelt, deren Anwendungsgebiete sich überschneiden: die Sonographie oder Ultraschall (US) - Untersuchung und die Computer-Tomographie (CT). Sie ermöglichen aufgrund physikalischer Gegebenheiten die Unterscheidung zystischer von soliden Raumforderungen, die gelegentlich für die Angiographie, die nicht sicher zwischen gefäßarmen Tumoren und Nierenzysten differenzieren kann, ein Problem darstellt (55 d).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, diejenige Methode herauszuarbeiten, die als erste durchgeführt werden sollte, wenn vom AUG her der Verdacht auf eine renale Raumforderung besteht. Zu diesem Zweck wurden 113 Patienten sowohl sonographisch als auch computertomographisch untersucht und die jeweiligen Ergebnisse miteinander verglichen.

2. Bisherige Untersuchungsverfahren und ihre Aussagemöglichkeiten

2.1. Ausscheidungsurogramm

2.1.1. Technischer Ablauf

Die Ausscheidungsurographie wird als Standarduntersuchung folgendermaßen durchgeführt: Nach einer Leeraufnahme (Abdomenübersicht) werden 40 - 100 ml eines 60 - 76 %igen jodhaltigen wasserlöslichen Kontrastmittels injiziert oder infundiert. Die nächste Aufnahme erfolgt nach Beendigung der Kontrastmittelinstillation und zeigt die Niere in der nephrographischen Phase der Kontrastmittelausscheidung. Besteht aufgrund dieser Bilder der Verdacht auf eine Raumforderung, so können direkt anschließend Schichtaufnahmen der Niere erfolgen. Die Kombination der Tomographie mit der Infusionsurographie bietet eine besonders gute Beurteilungsmöglichkeit der Nierengröße und der Nierenkontur (4). 5 und 15 Minuten nach dem Ende der Kontrastmittelinstillation werden weitere Aufnahmen durchgeführt, um die urographische Phase der Kontrastmittelausscheidung zu dokumentieren, wobei das letzte Bild im Stehen gemacht werden sollte (4, 55 b).

2.1.2. Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung bei der Ausscheidungsurographie hängt in hohem Maße von der verwendeten Strahlenschutztechnik ab. Die durchschnittliche Hautdosis einer Abdomenleeraufnahme beträgt 1 - 2 rad (55 a, 82 a). Die durchschnittliche Testisdosis von 150 - 400 mrad kann bei optimalem Strahlenschutz bis auf 5 mrad pro Aufnahme gesenkt werden. Die Ovarialdosis läßt sich nur bis auf 80 - 200 mrad reduzieren, da sich die Ovarien direkt im Strahlengang befinden (55 a, 82 a).

2.1.3. Kontrastmittel-Risiko

Die intravenöse Verabreichung von Kontrastmitteln kann zu Unverträglichkeitsreaktionen führen. Die Häufigkeit von schweren Reaktionen wird mit 2 : 10 000 (0,02 - 0,2 %) angegeben. In 8 - 15 von 1 000 000 (0,0008 - 0,0015 %) Untersuchungen kommt es zu letalen Zwischenfällen (17, 55 b).

2.1.4. Aussagefähigkeit

Im AUG ist die Diagnose eines raumfordernden Prozesses ab einer Größe von etwa 2 cm möglich (56). In vielen Fällen sind bereits im AUG Hinweise dafür gegeben, ob es sich um eine Nierenzyste oder um ein Malignom handelt. Eine Zyste zeigt im Gegensatz zu einem Nierenkarzinom keine zusätzliche Anfärbung nach Kontrastmittelinjektion. Sie ist durch ein zungenartiges Übergreifen des Parenchyms auf die glatte Randkontur der Zyste gekennzeichnet, während ein Malignom meist eine unregelmäßige Randkontur besitzt. Für eine sichere Differentialdiagnose genügt die Ausscheidungsurographie aber keinesfalls (55 d) (Abb. 1). Die Tomographie verbessert die Aussagefähigkeit beträchtlich, sie reicht aber für eine sichere Unterscheidung zwischen Nierenzysten und soliden Tumoren auch nicht aus (15, 34, 43, 55 d).

Abb. 1. Zentrale Raumforderung. Vom AUG Unterscheidung Zyste - Tumor nicht möglich

2.2. Angiographie

2.2.1. Technischer Ablauf

Die für die Angiographie nach Seldinger (70) erforderliche Femoralispunktion wird im allgemeinen in Lokalanästhesie durchgeführt. Unter Bildverstärker-Fernseh-Kontrolle erfolgt zunächst eine Übersichtsaortographie, um alle die Nierenregion versorgenden Gefäße zu erfassen, bei Verdacht auf Raumforderung dann die selektive Darstellung der einzelnen Nierengefäße. Nach der Druck-Injektion eines 60 - 76 %igen Kontrastmittels wird mit Hilfe eines Filmblattwechslers eine Serie von Aufnahmen in rascher Folge gemacht, z.B. nach dem folgenden Schema: 2 Sekunden lang 3 Bilder pro Sekunde und 3 Sekunden lang 2 Bilder pro Sekunde, nach weiteren 6 bzw. 9 Sekunden 2 Spätaufnahmen (55 c).

2.2.2. Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung einer angiographischen Aufnahme entspricht der einer Abdomenübersicht, wobei aber die Gonadendosis bei korrekter Einblendung niedriger liegt. Die gesamte Strahlendosis bei der Angiographie ist wegen der Vielzahl der Aufnahmen höher als bei der Ausscheidungsurographie. Dazu kommt noch die bei der Fernseh-Durchleuchtung auftretende Stralung (82 b).

2.2.3. Komplikationsrisiko

Die Komplikationen, die bei der Katheterangiographie auftreten, lassen sich in drei Gruppen aufteilen (35, 55 c):

- Punktionsschäden wie Infektion, Hämatom, Nachblutung, Thrombose der vena femoralis und Lungenembolie, arterio-venöses Aneurysma
- Komplikationen durch Katheterisation wie arterielle Thrombose und Thrombembolie, Gefäßspasmus, Intimaläsion, Aneurysma, Gefäßperforation, Kontrastmittelextravasat, Katheterbruch
- Komplikationen durch Kontrastmittelunverträglichkeit.

Gemessen an der Vielzahl der Möglichkeiten ist die Zahl der tatsächlich auftretenden ernsthaften Komplikationen gering. Ihre Häufigkeit wird mit 1,3 % und das Risiko eines letalen Zwischenfalls mit 0,03 - 0,11 % angegeben (55 c, 81, 82 b).

2.2.4. Aussagefähigkeit

Mit der Angiographie können raumfordernde Prozesse durch die Verdrängung bzw. Aufspreizung der sie umspannenden Gefäße diagnostiziert werden. Nierenzysten sind immer gefäßfrei. Ein gefäßreicher solider Tumor kann an seinem pathologischen Gefäßmuster (irregulärer

Gefäßverlauf, Kaliberschwankungen, Kontrastmittellakunen, arterio-venöse Aneurysmen) erkannt werden (Abb. 2). Die Unterscheidung von Nierenkarzinomen und Nierenzysten ist durch die Angiographie in 91 - 97 % der Fälle möglich (7, 9, 42, 63). Bei den Malignomen, die nicht sicher diagnostiziert werden können, handelt es sich fast durchweg um gefäßarme Tumoren, bei denen häufig keine pathologischen Gefäße erkennbar sind.

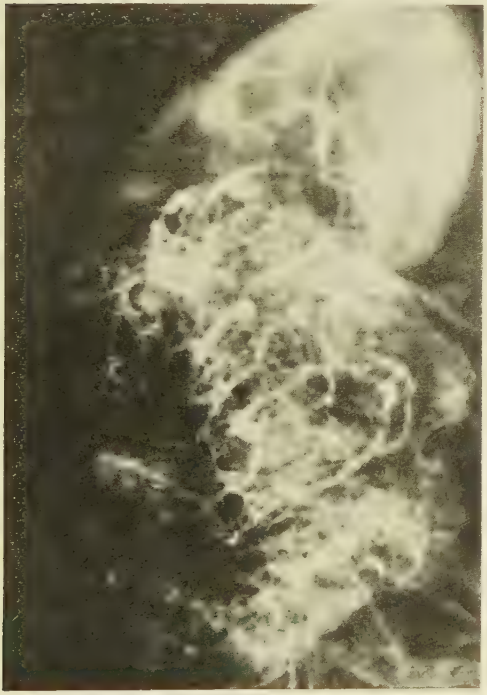


Abb. 2. Gefäßreicher Tumor am unteren Nierenpol mit typischen pathologischen Gefäßen

3. Sonographie (Ultraschall)

3.1. Technische Grundlagen

3.1.1. Ultraschall-Erzeugung und Ultraschall-Empfang

Unter Ultraschall (US) versteht man mechanische Wellen, d.h. in Ausbreitungsrichtung bzw. longitudinal schwingende Materieteilchen einer Frequenz von 18 kHz bis 1 000 MHz, also jenseits der menschlichen Hörfähigkeit. In der medizinischen US-Diagnostik werden Frequenzen von 1 - 10 MHz verwendet (21). Die heute gebräuchlichen Geräte arbeiten meist mit einer Frequenz von 2 - 3,5 MHz (37).

US wird mit Hilfe des piezoelektrischen Effekts erzeugt: Ein polar gebauter Kristall wird in einem elektrischen Wechselfeld zu trägheitslos folgenden mechanischen Schwingungen angeregt, die als mechanische Wellen an die Umgebung abgegeben werden. Es wird nur ein kurzer US-Impuls von wenigen Mikrosekunden Dauer abgestrahlt. Danach wird derselbe Kristall etwa 0,3 ms lang als Empfänger eingesetzt, indem er auftreffende mechanische Schwingungen in Wechselspannungen umwandelt, die dann - nach entsprechender Verstärkung - auf einer Kathodenstrahlröhre sichtbar gemacht werden können. Dieser Sende-Empfangs-Zyklus läuft 1 000 - 3 000 mal in der Sekunde ab (37, 50).

3.1.2. Schallwellenwiderstand

Die Erzeugung von Echos beruht auf der Reflexion des US an Grenzen von Geweben unterschiedlichen Schallwellenwiderstandes. Ist der Unterschied gering - wie zwischen allen Weichteilgeweben des menschlichen Körpers - wird weniger als 1 % der Schallenergie reflektiert. Grenzflächen von Weichteilgeweben gegen Luft oder Knochen reflektieren dagegen praktisch fast 100 % des auftreffenden Schallimpulses (37, 50).

Die akustischen Kenngrößen einiger Gewebe sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tab. 1. Akustische Kenngrößen (nach Kresse (30))

Medium	Schall-geschwindigkeit (m/s)	Dichte (g/cm^3)	Schallwellen-widerstand ($g/cm^2 \times s$)
Wasser	1 496	0,997	$1,49 \times 10^5$
Fett	1 476	0,928	$1,37 \times 10^5$
Muskel	1 568	1,058	$1,66 \times 10^5$
Leber	1 570	1,055	$1,66 \times 10^5$
Knochen	3 360	1,85	$6,2 \times 10^5$
Luft	331	0,0012	41,3

3.1.3. Ultraschall-Schwächung und Eindringtiefe

Das Schallsignal wird außer durch Reflexion vor allem durch Absorption oder Dämpfung abgeschwächt, wobei die Schallenergie in Wärme umgewandelt wird. Je höher die Frequenz des abgestrahlten US-Impulses ist, desto größer wird die Dämpfung und desto geringer das Eindringvermögen. Als Halbwerttiefe wird diejenige Gewebestrecke bezeichnet, nach deren Durchlaufen die US-Leistung nur noch die Hälfte ihres Ausgangswertes beträgt. Als Mittelwert wird für Weichteilgewebe eine Halbwerttiefe von 1,5 cm bei 2,25 MHz angegeben (29). Nach einer Gewebsstrecke von 5 cm beträgt die US-Leistung also nur noch 1/10, nach 15 cm nur noch 1/1 000 des Ausgangswertes. Aus größerer Distanz zurückkommende Echos müssen folglich tiefenabhängig verstärkt werden, um eine größenordnungsmäßig einheitliche Bildschirmhelligkeit zu erzielen (Tiefenausgleich). Der Verstärkung sehr schwacher Echos sind durch das Eigenrauschen des Verstärkers allerdings Grenzen gesetzt (37, 50).

3.1.4. A-Scan

Die Entwicklung der US-Diagnostik begann mit dem auch heute noch für spezielle Fragestellungen verwendeten A-Scan (Amplituden-Scan). Dabei werden US-Impulse bei nicht bewegtem Schallkopf in das Gewebe abgestrahlt. Da die Schallgeschwindigkeit in allen Weichteilgeweben mit 1 450 - 1 600 m/s relativ konstant ist, kann die horizontale Ablenkung des Elektronenstrahls der Kathodenstrahlröhre zeitproportional gesteuert werden: Je weiter rechts ein Echo auf dem Bildschirm erscheint, desto größer ist die Entfernung der echogebenden Schicht von der Hautoberfläche. Die Intensität eines Echos wird durch die Höhe der vertikalen Ablenkung (= Amplitude) des Elektronenstrahls beschrieben. Eine echofreie Strecke wird im A-Scan folglich als Null-Linie abgebildet (21, 80).

Abbildung 3 zeigt die Darstellung von echogebenden Gewebegrenzen im A-Scan.

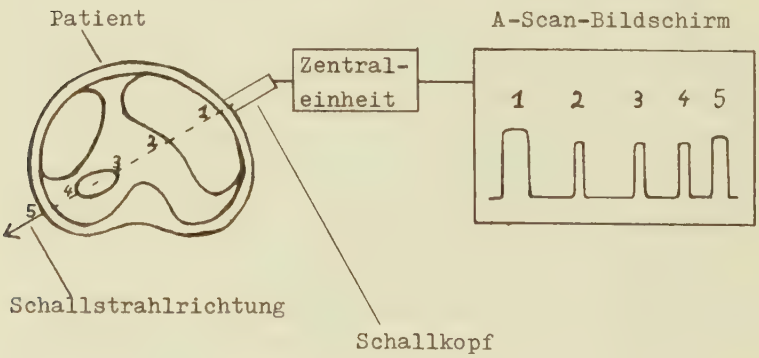


Abb. 3. A-Scan (nach Wells (80)). Die mit Zahlen bezeichneten Ausschläge auf dem Oszillographenschirm entsprechen den echogebenden Gewebegrenzen, auf die der US-Strahl nacheinander auftrifft.

3.1.5. B-Scan

Bei dem heute gebräuchlichen B-Scan (Brightness-Scan) wird das Schallsignal längs einer Ebene bewegt. Jedem Punkt der auf diese Weise entstehenden Schnittebene durch den Körper entspricht ein Punkt auf dem Bildschirm. Die Darstellung eines solchen Punktes auf dem Sichtgerät hängt von der Stärke des von ihm ausgesandten Echos ab (Helligkeits (=Brightness)-Modulationsverfahren). Ursprünglich wurde ein Verfahren angewendet, bei dem die über einem bestimmten Intensitätsschwellenwert liegenden Echos als weiße Punkte auf dem Bildschirm erschienen, während die Echos, die schwächer als dieser Wert waren, nicht abgebildet wurden (Bistabiles Verfahren). Diese Methode ist heute fast völlig von der Grey-Scale-Technik abgelöst worden, bei der die unterschiedliche Intensität verschiedener Echos durch eine ganze Skala von Grauwerten repräsentiert werden kann. Je stärker ein Echo ist, desto heller erscheint der ihm entsprechende Bildpunkt auf der Kathodenstrahlröhre. Es gibt zwei Verfahren, mit deren Hilfe die gewünschte Schnittebene hergestellt werden kann: den Compound-Scan und den Real-Time-Scan (80).

3.1.5.1. Compound-B-Scan

Beim Compound-Scan wird der Schallkopf von Hand über die Haut geführt. Das genaue Maß der Verschiebung des Schallkopfes sowie seine neue Abstrahlrichtung werden mit Hilfe einer exakten mechanisch-elektronischen Koppelung auf die Ansteuerung der Bildröhre übertragen, damit die Echomarken an der richtigen Stelle des Bildschirmes erscheinen. Da das Bild im Laufe von einigen Sekunden nach und nach aufgebaut wird, müssen die während der Abtastbewegung entstehenden Echoinformationen zwischengespeichert werden. Dies geschieht mit Hilfe des Speicherschirms einer Oszillographenröhre (37).

Abbildung 4 zeigt eine schematische Darstellung des Bildaufbaus beim Compound-B-Scan.

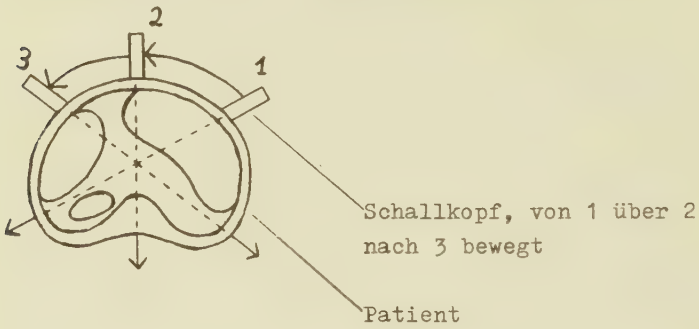


Abb. 4. Compound-B-Scan (nach Wells (59))

3.1.5.2. Real-Time-B-Scan

Beim Real-Time-Scan oder schnellen B-Scan erhält man dynamische Sofort-Bilder entweder durch mehrere parallele Schallköpfe, die jeder für sich nacheinander senden und messen (fast array), oder durch im Brennpunkt eines Parabolspiegels rotierende Schallköpfe, die auf diese Weise nacheinander eine ganze US-Ebene durch das Gewebe legen. Die Wiederholfrequenz der Abtastung ist dabei so hoch, daß sich für den Betrachter ein stehendes Bild ergibt (21, 31, 80). Die Untersuchung geht mit diesem Verfahren wesentlich schneller; außerdem können direkte Organbewegungen beobachtet werden.

Dafür lassen sich Real-Time-Bilder aber weniger anschaulich dokumentieren. Insgesamt läßt sich kein eindeutiger diagnostischer Vorteil der einen oder der anderen Methode erkennen (13, 50).

3.1.6. Auflösungsvermögen

Das Auflösungsvermögen ist definiert als der kleinste Abstand zweier getrennt darstellbarer Punkte. Beim US ist das (bessere) Auflösungsvermögen in Schallstrahlrichtung und das (schlechtere) quer zur Schallausbreitungsrichtung zu unterscheiden. Bei optimalem Unterschied des Schallwellenwiderstandes zweier benachbarter Gewebe (z.B. Konkrement/Flüssigkeit) werden für die Tiefenauflösung Werte von 1 mm und für die Querauflösung Werte von 3 - 8 mm angegeben (31, 37, 50). Sind die Unterschiede jedoch geringer (z.B. Metastase im Leberparenchym), muß die Struktur 1,5 - 2 cm groß sein, um erkannt zu werden (18, 51). Die Querauflösung ist nicht konstant, da sie vom Querschnitt des leicht divergenten US-Strahls bestimmt wird. Da die Tiefenauflösung von der Wellenlänge des US-Signals abhängt, läge es nahe, sie durch eine Erhöhung der US-Frequenz zu verbessern. Dem sind aber durch die daraus resultierende verstärkte Dämpfung (siehe 3.1.3.) enge Grenzen gesetzt. Der heute gebräuchliche Frequenzbereich von 2 - 3,5 MHz verkörpert einen Kompromiß zwischen einer Eindringtiefe von 15 - 20 cm und dem bei dieser Frequenz möglichen Auflösungsvermögen (18, 21, 31, 37).

3.2. Untersuchungstechnik

Die Untersuchung der Nieren wird normalerweise bei tiefer Inspiration und Atemstillstand in Bauchlage von dorsal durchgeführt. Um das "Fenster" zwischen den dorsalen Rippen und dem Beckenkamm zu vergrößern, über welches die Nieren sonographisch erfaßbar sind, wird die Lendenlordose durch ein untergelegtes Kissen ausgeglichen. Die rechte Niere läßt sich außerdem von ven-

tral her durch die Leber darstellen, während die linke meist von Darmgas überlagert wird; schließlich ist es auch noch möglich, die Nieren von lateral her zu untersuchen. Die Schnittebenen können in jeder beliebigen Richtung gewählt werden, so daß neben Transversalschnitten auch Longitudinal- und Schrägschnitte möglich sind (50).

3.3. Typische Ultraschall-Befunde

3.3.1. Normale Niere

Die gesunde Niere zeigt im US-Bild ein reflexreiches Hohlraumsystem umgeben von einem echoarmen Parenchymsaum. Nierenmark und Nierenrinde lassen sich nicht voneinander unterscheiden. Dagegen erhält man wegen der Fettkapsel- und Parenchym-Grenze deutliche echogebende Nierengrenzen. Im Längsschnitt stellt sich die Niere als scharf begrenztes Oval dar, während sie im Querschnitt mehr wie ein in Richtung des Nierenhilus geöffnetes Hufeisen erscheint (13, 18, 50) (Abb.5).

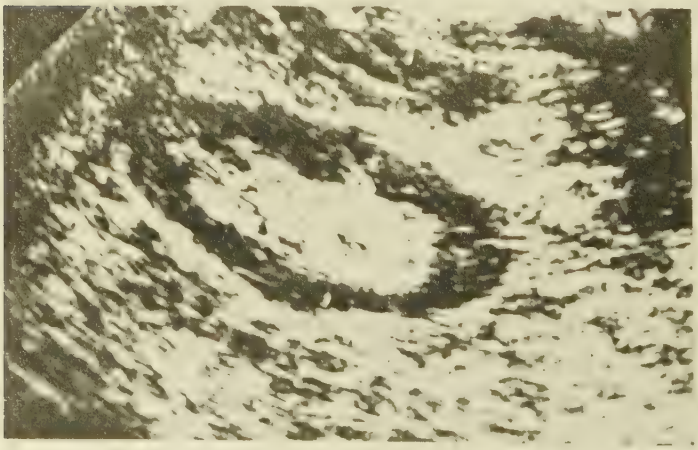


Abb. 5. Normale Niere mit echoarmem Parenchymsaum und reflexreichem Nierenkelchsystem

3.3.2. Nierenzyste

Eine Nierenzyste stellt sich als runde, glattrandige, völlig echofreie Zone dar, hinter der es aufgrund des eingestellten Tiefenausgleichs und der fehlenden Schwächung des US-Strahls im akustisch homogenen Zysteninhalt zu einer Echoverstärkung kommt (Abb. 6).

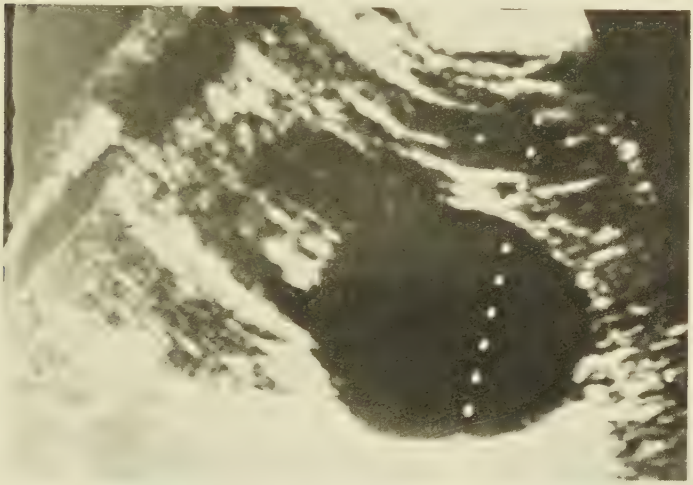


Abb. 6. Nierenzyste mit den typischen Kriterien: echofreier Raum, scharfe Wandbegrenzung und Echoverstärkung in Schallrichtung

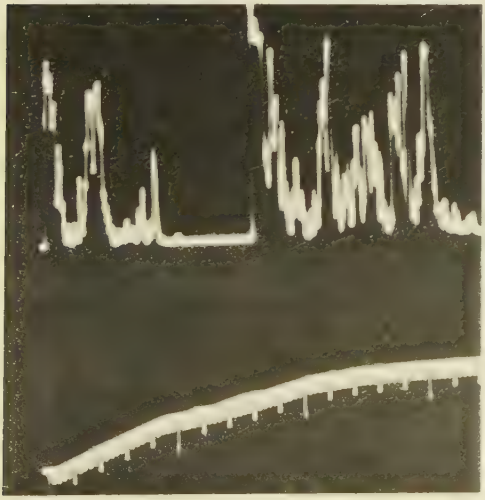


Abb. 7. Nierenzyste im A-Scan. Nullinie im Zystenbereich

Die Diagnose einer Nierenzyste kann zusätzlich noch durch das Fehlen von Binnenechos bei maximaler (am Regler einstellbarer) Echoverstärkung bestätigt werden. Der A-Scan zeigt im Bereich der Zyste eine Nullinie (10, 18, 50) (Abb. 7).

3.3.3. Solider Nierentumor

Ein solider Tumor führt zu einer Deformierung der Niere. Er ist sonographisch weniger scharf gegen die Umgebung abgegrenzt als eine Zyste. Das wichtigste Unterscheidungskriterium sind Strukturechos innerhalb des Tumors, die aus seinem geweblichen Aufbau resultieren (Abb. 8). Einen weiteren Hinweis auf einen soliden Tumor gibt die fehlende Echoverstärkung in Schallrichtung. Eine fehlende Atemverschieblichkeit der Niere kann ein Hinweis dafür sein, daß der Tumor die Nierenkapsel durchbrochen hat (10, 13, 18, 50).

Abb. 8. Nierentumor mit Binnenechos und unregelmäßiger Randbegrenzung

3.4. Abbildungs- und Auswerteprobleme

3.4.1. Artefakte

Für den US bedeuten gashaltige Zonen und Knochen (Rippen) wegen der starken Reflexion eine unüberwindliche Barriere. Aus dem dahinter gelegenen Raum sind keine Echos mehr zu empfangen, es entsteht eine schalltote Zone. Auch eine Luftschicht zwischen Schallkopf und Hautoberfläche führt bereits zu einer Totalreflexion des Schallsignals. Aus diesem Grunde muß für die Dauer der Untersuchung ein Gel auf die Haut des Patienten aufgebracht werden, das eine Schallbrücke zwischen Haut und Schallkopf herstellt. Im Zusammenhang mit der relativ geringen Halbwerttiefe von 1,5 cm kann auch eine ausgeprägte Adipositas die Aussagekraft einer US-Untersuchung erheblich beeinträchtigen. In bis zu 35 % aller US-Untersuchungen des Bauchraumes ist die Beurteilbarkeit durch diese Faktoren eingeschränkt, davon in 5 - 10 % so massiv, daß keine ausreichend sichere Diagnose gestellt werden kann (18, 31). Es ist zu erwarten, daß die angegebenen Werte für die Nieren erheblich günstiger liegen, da bei der meist von dorsal erfolgenden Nierenuntersuchung keine durch Darmluft verursachten Artefakte auftreten (18, 50).

3.4.2. Differenzierung Zyste - Tumor bei atypischen Befunden

Eine Differenzierung von Nierenzysten und soliden Tumoren kann für den US auch bei guten Untersuchungsbedingungen durch atypische Befunde gelegentlich erschwert werden. Bei einem Nierentumor, dessen Inneres nekrotisch ist oder ein ausgedehntes Hämatom enthält, entsteht wegen des homogenen Tumorinhaltes ein Bild, das zur Verwechslung mit Zysten Anlaß geben kann (10, 13). Auch ein besonders solider und einheitlich aufgebauter Tumor, wie z.B. ein Spindelzellsarkom, kann durch das Fehlen von Binnenechos diagnostische Schwierigkeiten bereiten (83).

Andererseits können eine Pyonephrose durch den in ihrem Inneren vorhandenen Zelldetritus, eine mehrkammerige Zyste durch ihre Septenreflexe, eine mit Blutkoageln gefüllte Zyste, eine Zyste mit besonders dicker Wand oder eine erhaltene Fötallappung der Niere wegen der dadurch entstehenden Vorbuckelung, eventuell auch ein Niereninfarkt oder ein paranephritischer Abszeß einmal Grund für die falsch positive Diagnose eines Nierenkarzinoms sein (13, 50).

4. Computer-Tomographie

4.1. Technische Grundlagen

4.1.1. Abbildungsprinzip

Die zweite nicht-invasive Methode, mit der eine Raumforderung der Niere abgeklärt werden kann, ist die Computer-Tomographie (CT). 1972 stellte Hounsfield der Öffentlichkeit ein erstes CT-Gerät vor. Seitdem hat sich das Verfahren weltweit durchgesetzt. Die CT arbeitet mit stark eingeblendeten Röntgenstrahlen, die nur die zu untersuchende Schicht des Patientenkörpers durchdringen. An der Austrittsseite der Strahlung wird die Intensität bzw. die Schwächung, die der Röntgenstrahl während des Durchtritts durch den Körper erfahren hat, mit Hilfe von Detektoren gemessen und in einen Digitalwert umgewandelt, der dann von einem Rechner verarbeitet werden kann (32, 49).

Die untersuchte Schicht, deren Dicke je nach Gerätetyp 4, 8 oder 13 mm beträgt, wird in gleich große quaderförmige Elementarvolumina (Matrixelemente) unterteilt. Eine gängige Matrixgröße ist z.B. 256 x 256. Die Röntgenröhre wird kreisförmig um den Patientenkörper verschoben, so daß jeder Röntgenstrahl eine andere Kombination von Matrixquadern durchdringt. Auf diese Weise erhält man pro Schicht etwa 100 000 verschiedene Meßwerte. Mit Hilfe eines Computers wird aus diesen Werten das mittlere Schwächungsvermögen bzw. die mittlere Dichte eines Quaders berechnet und in einen Grauwert umgesetzt, der auf einem Fernsehbildschirm an einer der Quaderposition entsprechenden Stelle erscheint. Aus der Summe der zusammengesetzten Quader ergibt sich das Transversalschichtbild (48, 49).

4.1.2. Apparative Entwicklungen

4.1.2.1. Meßdatenerfassung

Die Meßdatenerfassung dauerte bei den ersten Geräten noch mehrere Minuten pro Schicht. In rascher Folge wurden neue, schnellere Verfahren entwickelt, so daß sich heute drei Generationen von CT-Geräten unterscheiden lassen.

Bei den Geräten der ersten Generation mit Scan-Zeiten im Minuten-Bereich besteht die Meßanordnung aus einer Röntgenröhre, deren Strahlenbündel so stark eingeblendet ist, daß nur ein bleistiftdünner Strahl austritt, und einem Szintillationskristall, der auf der gegenüberliegenden Seite des Patientenkörpers die auftreffende Intensität bzw. das Ausmaß ihrer Abschwächung mißt. Bei der Messung muß sich das Röhren-Detektor-System linear über den Patienten hinwegbewegen (Translation), dann um 1 Grad drehen, wieder längs abtasten, drehen und so fort, bis mindestens 180 Richtungen erfaßt sind (48, 49, 76).

Die Apparate der zweiten Generation senden mehrere divergente Röntgenstrahlen aus, die von ebensovielen nebeneinander liegenden Szintillationskristallen gemessen werden. Auf diese Weise wird die Anzahl der notwendigen Translations- und Rotationsbewegungen der Meßanordnung reduziert, so daß Meßzeiten von 15 - 30 Sekunden möglich sind (48, 49).

Bei den Geräten der dritten Generation werden als Detektoren spezielle Ionisationskammern verwendet, die wesentlich weniger Raum beanspruchen als die Szintillationskristalle. Dadurch kann die Anzahl der Detektoren so weit erhöht werden, daß ein den ganzen Patienten erfassender dichter Meßstrahlenfächer (fan beam) eingesetzt werden kann. Unter diesen Umständen ist keine Translationsbewegung der Röhre mehr nötig, sondern nur noch eine Rotation um den Patientenkörper. Das Detektorsystem kann entweder synchron mit der Röhre mitrotieren

oder aber kreisförmig stationär angeordnet sein. Die Apparate der dritten Generation führen meist eine volle Rotation (360 Grad) aus, für die sie 2 - 5 Sekunden benötigen (48, 49) (Abb. 9).

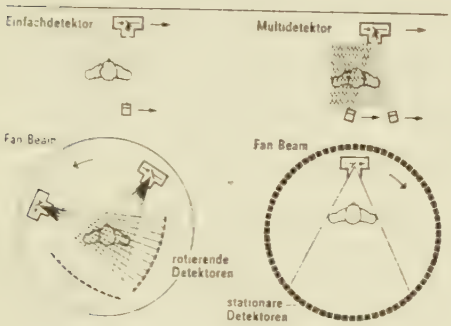


Abb. 9. Schematische Darstellung der Entwicklungsstufen der CT (nach Lissner e.a. (38))

4.1.2.2. Röntgenröhren

Für die Anlagen der ersten und zweiten Generation waren Stehanodenröhren ausreichend. Bei den Fächerstrahlsystemen der dritten Generation, die mit sehr kurzen Röntgenimpulszeiten im Bereich von 2 ms arbeiten, werden Drehanodenröhren mit besonders guter Wärmeableitung benötigt. Derzeit sind diese Röhren der limitierende Faktor für die Schichtaufnahmeintervalle (49).

4.1.2.3. Bildaufbau-Rechner

Die Berechnung der mittleren Dichte eines Schichtquaders aus den etwa 100 000 Meßwerten erfolgt bei den Geräten der ersten Generation mittels eines algebraischen Iterationsverfahrens, das zum größten Teil erst nach Vorliegen aller Meßwerte angewendet werden kann. Dadurch entstehen zusätzlich zu den langen Meßzeiten auch noch Rechenzeiten von Minutenlänge.

Bei den Apparaten der dritten Generation ermöglichen leistungsstarke Computer einen mit dem Meßvorgang

schritthaltenden Bildaufbau, so daß das Schichtbild sofort nach dem Ende der Messung oder einige Sekunden später verfügbar ist. Die bei diesem Bildaufbau auftretenden Unschärfen werden durch ein Faltungsverfahren eliminiert, bei dem die Intensitätswerte zunächst logarithmiert und dann mittels einer Korrekturfunktion umgeformt werden. Um die korrekten Dichtewerte einer Schicht zu berechnen, müssen etwa 20 000 000 Multiplikationen ausgeführt werden (33, 48, 49).

4.1.3. Dichteeinheiten und elektronisches Fenster

Mit der CT lassen sich etwa 2 000 verschiedene Dichtewerte unterscheiden. Hounsfield schlug eine relative Dichteskala vor, bei der Luft den Wert - 1 000 H (Hounsfield-Einheiten), Wasser den Wert 0 H und sehr dichter Knochen den Wert + 1 000 H erhält (32). Die Organdichten bewegen sich in der Regel zwischen + 30 und + 150 H, während Fettgewebe sozusagen "dünner als Wasser" zwischen 0 und - 100 H gemessen wird. Dieses Phänomen ist für die abdominale CT sehr wichtig, weil durch das zwischen den Organen liegende Fettgewebe die Organgrenzen sehr deutlich sichtbar werden (76).

Da sich auf einem Fernsehbildschirm nur etwa 30 verschiedene Graustufen unterscheiden lassen, würde die meiste Information wieder verloren gehen, hätte man nicht die Möglichkeit, einen begrenzten Bereich (elektronisches Fenster) aus der gesamten Dichtewertskala auszuwählen und diesen über die ganze Helligkeitsskala des Bildschirms zu spreizen (48, 76).

4.1.4. Auflösungsvermögen

Die unterste Grenze der räumlichen Auflösung eines Computer-Tomographen wird letztlich von der Größe eines Matrixquaders bestimmt, die bei den meisten Ganzkörper-Geräten 1,5 - 2 mm x 1,5 - 2 mm bei einer Schichtdicke von 4,8 oder 13 mm beträgt.

Diese Grenzwerte werden aber nur dann erreicht, wenn die untersuchten Strukturen sich in ihrer Dichte um mindestens 5 - 10 % von der Umgebung unterscheiden (49, 54). Räumliche Auflösung, Dichteauflösung (Rauschen) und Strahlenbelastung des Patienten sind über eine mathematische Beziehung verknüpft. Bei einer Hautdosis von 2 rad pro Schicht und einer geforderten Dichteauflösung von 5 H überschreitet die räumliche Auflösung einen Wert von 4 mm nicht (48, 54). Eine Verdoppelung der räumlichen Auflösung bei gleicher Dichteauflösung würde eine Verachtfachung der Strahlendosis erfordern. Im abdominellen Bereich ist bei den nur geringen Dichteunterschieden der einzelnen Weichteilgewebe eine räumliche Auflösung von 0,5 cm als realistischer Grenzwert anzusehen (48).

4.2. Untersuchungstechnik

Der Patient wird in bequemer Rückenlage unter die CT-Einheit gelagert. Patientenbewegungen während des Untersuchungsablaufs müssen so weit als möglich vermieden werden. Steht ein schneller Scanner zur Verfügung, wird die Untersuchung der Nieren bei Atemstillstand durchgeführt. Die Bewegungen der Röhre und des Detektorsystems laufen programmgesteuert und vollautomatisch ab. Vom Untersucher muß vor jeder neuen Schicht nur die gewünschte Verschiebung der Schichtebene eingestellt werden. Die Verschiebung kann je nach der Schichtdicke des entsprechenden Gerätetyps 4, 8 oder 13 mm oder ein Vielfaches davon betragen. Mit den heute zur Verfügung stehenden Geräten sind praktisch nur Transversalschnitte möglich, Längsschnitte sind lediglich rechnerisch zu erhalten (31, 71).

4.3. Typische Computer-Tomographie-Befunde

4.3.1. Normale Niere

Im Computer-Tomogramm ist die Niere, scharf abgegrenzt durch die sie umgebende Fettkapsel, gut zu erkennen (Abb. 10). Das Nierenbecken zeigt mit etwa 15 H eine geringere Dichte als das umgebende Parenchym (30 - 50 H). Die Dichtewerte des peripelvinen Gewebes (Fett) haben ein negatives Vorzeichen. Nach Applikation eines nierengängigen Kontrastmittels steigt die Dichte im Parenchym auf 70 - 110 H an (20, 65).

Abb. 10. Normale Niere, durch Fettgewebe gut abgegrenzt

4.3.2. Nierenzyste

Nierenzysten stellen sich als runde, nach außen wie auch zum normalen Nierengewebe hin scharf abgegrenzte Strukturen mit homogener, auch nach Kontrastmittelapplikation nicht ansteigender Dichte von etwa - 5 bis + 15 H dar. Die Zystenwand ist meist so dünn, daß sie nicht sichtbar wird (16, 74) (Abb. 11, 12).

Abb. 11. Nierenzyste links ohne Kontrastmittel. Homogener Zysteninhalt

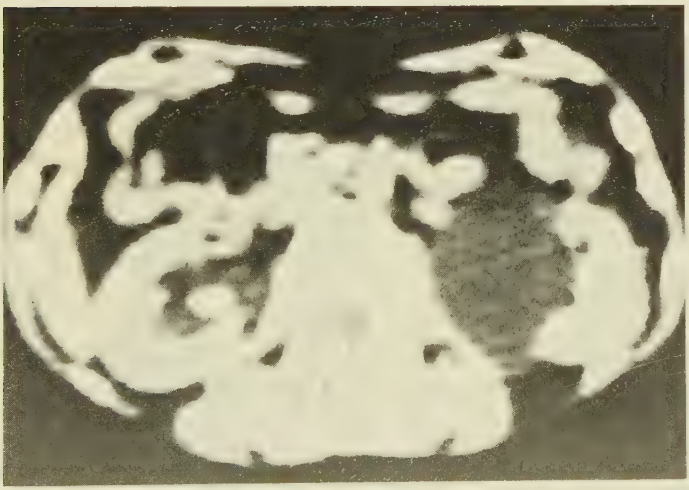


Abb. 12. Nierenzyste links (gleicher Patient wie Abb. 11) nach Kontrastmittelapplikation. Keine Dichtezunahme in der Zyste

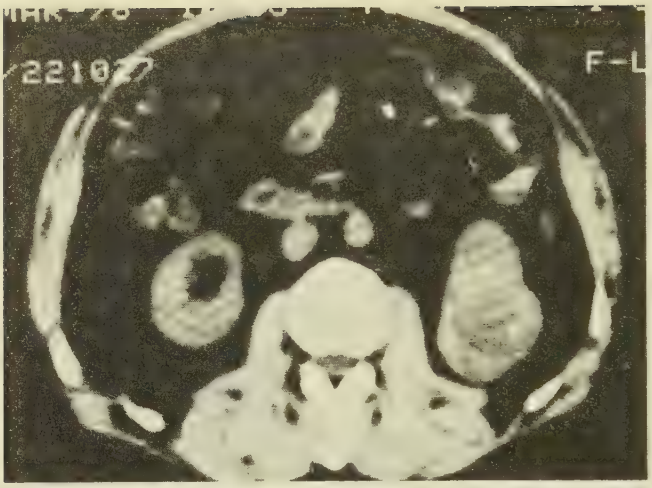


Abb. 13. Nierenkarzinom links ohne Kontrastmittel. Unregelmäßige Veränderung der Nierenkontur. Im Tumor ähnliche Dichte wie im normalen Nierenparenchym, aber inhomogene Dichteverteilung

Abb. 14. Nierenkarzinom links (gleicher Patient wie Abb. 13) nach Kontrastmittelapplikation. Geringere und unregelmäßigere Dichtezunahme im Tumor im Vergleich zum Restparenchym

4.3.3. Solider Nierentumor

Ein Nierenkarzinom zeigt meist keine homogene Dichteverteilung und eine stärkere und unregelmäßigere Veränderung der Nierenkontur, im fortgeschrittenen Stadium auch eine erhebliche Vergrößerung der gesamten Niere (Abb. 13, 14). Vom normalen Parenchym ist es wegen ähnlicher Dichtewerte kaum abgrenzbar. Nach Kontrastmittelapplikation steigt die Dichte im gesunden Parenchym um 40 - 60 H, während die Dichte im Tumor nur geringfügig (10 - 20 H) und manchmal auch überhaupt nicht zunimmt. Ein Dichteanstieg im Bereich der Raumforderung ist für die Differentialdiagnose zur Nierenzyste von Bedeutung. Weitere Hinweise für das Vorliegen eines Nierenkarzinoms sind eine Infiltration der Nierenkapsel, vergrößerte paraaortale Lymphknoten oder metastasentypische Destruierungen in anderen Organen wie z.B. in der Leber oder in den Wirbelkörpern (16, 65).

4.4. Abbildungs- und Auswerteprobleme

4.4.1. Artefakte

Unter dem Begriff Artefakte werden bei der CT Störeffekte zusammengefaßt, die ganz verschiedene Ursachen haben können.

Befindet sich eine Struktur nicht während des gesamten Meßvorgangs in dem gleichen Matrixareal, treten streifenförmige Artefakte auf, die eine Beurteilung des Bildes unmöglich machen können. Dies kann infolge von Bewegungen einzelner Organe (Respiration, Darmperistaltik) oder des gesamten Patientenkörpers geschehen. Durch bequeme Lagerung, Darmreinigung, medikamentöse Darmruhigstellung, vor allem aber durch kurze Scan-Zeiten, die eine Untersuchung bei Atemstillstand gestatten, können diese Fehlerquellen weitgehend vermieden werden (48, 49)

Sehr hohe Kontrastunterschiede innerhalb einer Schicht (z.B. Kontrastmittelreste im Darm, Metallclips nach Operationen, Katheter oder Drainagen) können ebenfalls zu ausgeprägten Artefakten führen (18, 49).

4.4.2. Differenzierung Zyste - Tumor bei atypischen Befunden

Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen einer Nierenzyste und einem soliden Tumor entstehen auch bei technisch einwandfreien CT-Aufnahmen vor allem dann, wenn die Dichtewerte der Raumforderung im oberen Grenzbereich der Zysten bzw. im unteren Grenzbereich der Tumoren, also etwa zwischen 20 und 30 H liegen. Es kann sich dann sowohl um eine atypische, mit Blut oder Zelldetritus gefüllte Zyste als auch um ein Nierenkarzinom mit zentraler Nekrose handeln. Die Differentialdiagnose kann in solchen Fällen in erster Linie durch den Nachweis einer Kontrastmittelanreicherung bzw. anhand der Konfiguration und der Wanddicke der Läsion gestellt werden (16, 65).

5. Untersuchungsablauf

5.1. Verwendete Geräte

103 Patienten wurden in der Radiologischen Klinik und Poliklinik der Universität München computer-tomographisch und sonographisch untersucht. Dazu kamen noch 10 Patienten, die in der Medizinischen Poliklinik der Universität München sonographiert wurden. Von Juli 1976 bis September 1977 wurde für die CT-Aufnahmen ein Delta-Scan 50 der Firma Ohio Nuclear mit einer Aufnahmezeit von 2,5 Minuten für eine Doppelschicht benutzt. Ab September 1977 wurde dieses Gerät von einem Somatom der Firma Siemens abgelöst, das durch ein Fächerstrahlsystem mit bewegten Detektoren Aufnahmezeiten von 4 Sekunden pro Schicht ermöglicht.

Für die US-Untersuchungen wurde in 10 Fällen ein Vidoson 735 (ein Real-Time-Gerät der Firma Siemens) der Medizinischen Poliklinik der Universität München verwendet; die überwiegende Anzahl der Untersuchungen (103 Patienten) wurde jedoch mit zwei Grey-Scale-Compound-Geräten (Echoview L 80 der Firma Picker) der Radiologischen Klinik und Poliklinik der Universität München durchgeführt.

5.2. Kriterien für die Auswertung der Befunde

Bei allen Patienten bestand aufgrund des AUG der Verdacht auf eine renale Raumforderung, die durch US bzw. CT abgeklärt werden sollte. Der Vergleich der US- und CT-Untersuchungen erfolgte anhand des schriftlichen Befundes retrospektiv, wobei nicht sicher zu erkennen war, ob bei der Befundung der US- und CT-Bilder das Ergebnis der jeweils anderen Untersuchung bekannt war. Die Diagnose-Sicherung erfolgte zum Teil histologisch (32 Fälle), zum Teil angiographisch, klinisch und durch den Verlauf (40 Fälle) und zum Teil nur klinisch und durch den Verlauf bzw. durch sonographische oder computer-tomographische Kontrolluntersuchungen (41 Fälle). Eine Auswertung nach

Sensitivität und Spezifität ließ sich nicht durchführen, denn bei unverdächtigen Untersuchungsergebnissen wurde der vom AUG herrührende Verdacht auf eine renale Raumforderung meist nicht weiterverfolgt, wodurch richtig negative US- und CT-Befunde nicht objektivierbar waren.

Ein Befund wurde nur dann als positiv gewertet, wenn der Untersucher sich im Text eindeutig auf eine bestimmte Läsion festgelegt oder zumindest einen starken oder dringenden Verdacht geäußert hatte. Wenn nur ein Verdacht auf eine Läsion ausgesprochen worden war, mußte der verdächtige Bezirk im Befundtext so genau beschrieben sein, daß die Kriterien, die zur entsprechenden Diagnose geführt hatten, klar erkennbar waren. Nur wenn diese zusätzliche Bedingung erfüllt war, wurde das Ergebnis in einem solchen Fall als positiver Befund gewertet. Alle Fälle, in denen Artefakte eine Beurteilung verhindert hatten, wurden als nicht diagnostiziert gewertet und in die Gesamtergebnisse mit einbezogen.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Bis zum 15. November 1978 erhielten wir auf diese Weise ein Kollektiv von 113 Patienten mit einer renalen Raumforderung. Nach der Sicherung der Diagnose wurde eine Einteilung in drei Gruppen durchgeführt:

1. Histologisch gesicherte Fälle (Gruppe 1) (n=32)
2. Angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherte Fälle (Gruppe 2) (n=40)
3. Klinisch, durch den Verlauf bzw. durch sonographische oder computer-tomographische Kontrolluntersuchungen "gesicherte" Fälle (Gruppe 3) (n=41)

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigen die Tabellen 2 und 3. Eine Aufgliederung nach Diagnosen erfolgt für jede Gruppe gesondert in den Tabellen 4 (S. 34), 6 (S. 43), 12 (S. 50) und 13 (S. 51).

Tab. 2. Treffsicherheit von US und CT bei renalen Raumforderungen
Gruppe 1 (Histologisch gesicherte Diagnosen) (n=32)
Gruppe 2 (Angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherte Diagnosen) (n=40)

	Summe	richtige Diagnosen	falsche Diagnosen	Artefakte	unsicher
Gruppe 1					
US	32	26 (81 %)	2	3	1
Delta 50	15	11 (73 %)	1	1	2
Somatom	17	15 (88 %)	1	1	-
Gruppe 2					
US	40	32 (80 %)	4	1	3
Delta 50	25	21 (84 %)	2	2	-
Somatom	15	15(100 %)	-	-	-

Tab. 3. US- und CT-Befunde in der Gruppe 3 (Klinisch, durch den Verlauf bzw. durch sonographische oder computer-tomographische Kontrolluntersuchungen "gesicherte" Diagnosen) (n=37) und Artefakte (n=4)

	Summe	US- und CT-Befund übereinstimmend	US- und CT-Befund nicht übereinst.	Artefakte (n=4)
US	37	26	11	3
Delta 50	13	8	5	1
Somatom	24	18	6	-

6.1. Histologisch gesicherte Diagnosen (Gruppe 1)

Bei den 32 Patienten der Gruppe 1 konnte der raumfordernde Prozeß durch Operation bzw. durch Sektion histologisch abgeklärt werden.

6.2. Angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherte Diagnosen (Gruppe 2)

Bei 5 der insgesamt 40 Patienten der Gruppe 2 wurde angiographisch, klinisch und in US und CT übereinstimmend ein gefäßreicher, solider Nierentumor nachgewiesen. 3 dieser Fälle wurden wegen nachgewiesener multipler Lungen- und Lebermetastasen nicht operiert, bei den anderen beiden lag eine kardial bedingte Inoperabilität vor.

Bei 35 Patienten der Gruppe 2 war aufgrund der Klinik, der zusätzlichen Angiographie und des Verlaufes ein Tumor auszuschließen, eine operative Abklärung erfolgte deswegen nicht. Wenn die Auswertung dieser Fälle auch nicht mit der absoluten Sicherheit eines histologischen Befundes erfolgen kann, so scheint uns die Übereinstimmung von Klinik, Angiographie und Verlauf doch als Kriterium für eine gesicherte Diagnose hinreichend zu sein.

6.3. Fälle ohne weitere Diagnostik (Gruppe 3)

Bei den 41 Patienten der Gruppe 3 erschien aufgrund des bei der US- und CT-Untersuchung erhobenen Lokalbefundes (Größe, Lokalisation) und einer unauffälligen Klinik keine weitere Abklärung notwendig. In 4 von diesen Fällen konnte bei einer der beiden Untersuchungen wegen Artefakten keine sichere Diagnose gestellt werden.

7. Wertung der Ergebnisse und Fallbesprechung

7.1. Gruppe 1 (Histologisch gesicherte Diagnosen)

7.1.1. Ergebnisse

Tabelle 4 zeigt die Aufschlüsselung der Fälle der Gruppe 1 nach Diagnosen.

Tab. 4. Treffsicherheit von US und CT bei den histologisch gesicherten Diagnosen der Gruppe 1 (n=32)

	Summe	richtige Diagnosen	falsche Diagnosen	Artefakte	unsicher
Nierenzysten (n=8)					
US	8	6 (75 %)	1	1	-
Delta 50	5	2 (40 %)	1	1	1
Somatom	3	2 (67 %)	1	-	-
Nierentumoren (n=18)					
US	18	15 (83 %)	1	1	1
Delta 50	8	7 (83 %)	-	-	1
Somatom	10	9 (90 %)	-	1	-
Nebennierentumoren (n=6)					
US	6	5 (83 %)	-	1	-
Delta 50	2	2(100 %)	-	-	-
Somatom	4	4(100 %)	-	-	-
Gesamt (n=32)					
US	32	26 (81 %)	2	3	1
Delta 50	15	11 (73 %)	1	1	2
Somatom	17	15 (88 %)	1	1	-

In dieser Gruppe der histologisch gesicherten Fälle überwiegen die soliden Tumoren. Dies ist verständlich, da eine gesicherte Nierenzyste nicht immer eine Operationsindikation darstellt. Das relativ schlechte Abschneiden sowohl der CT als auch des US bei den operierten Zysten liegt darin begründet, daß ein Großteil dieser Zysten eben aufgrund einer falsch positiven Tumordiagnose angegangen wurde. Die operativ gesicherten Nierenzysten beinhalten somit die operativen "Zufallsbefunde" der falsch positiven Diagnose Nierentumor.

7.1.2. Fallbesprechung

Es erscheint sinnvoll, diejenigen Fälle dieser Gruppe, in denen die richtige Diagnose nicht gestellt werden konnte, einzeln zu besprechen.

Patientin M.W., 70 Jahre alt: Bei einer im mittleren Drittel der rechten Niere gelegenen 5 cm großen Zyste konnte computer-tomographisch (Delta 50) zwar eine nicht vascularisierte Raumforderung nachgewiesen werden, eine Differentialdiagnose Zyste - Tumor war jedoch wegen multipler Artefakte, die eine Dichtemessung nicht gestatteten, nicht möglich. Sonographisch wurde die richtige Diagnose gestellt.

Patient W.B., 71 Jahre alt: Bei einer 4 cm großen Zyste im rechten unteren Nierenpol mit ungewöhnlich kräftiger und von glatter Muskulatur durchsetzter Wand, die nur stellenweise mit Epithel ausgekleidet war, konnte computer-tomographisch (Delta 50) nicht zwischen einem nekrotisierenden Tumor und einer Zyste mit breiter Wand unterschieden werden; sonographisch wurde die Raumforderung trotz zweimaliger Wiederholung der Untersuchung eindeutig als solide eingeschätzt. In diesem Fall dürfte die ungewöhnlich dicke und unregelmäßige Zystenwand, die normalerweise sehr zart ausgebildet ist, die Ursache gewesen sein.

Patient E.H., 56 Jahre alt: Bei einer im linken oberen Nierenpol gelegenen 4 cm großen randständig verkalkten Zyste mit bröckelig belegtem Zystengrund und stark fibrosierter, entzündeter Wand wurde im Somatom ein Malignomverdacht geäußert, während sonographisch zum Teil auch wegen Überlagerung durch die unteren Rippen keine sichere Artdiagnose möglich war. Die in der Zyste flottierenden Kalkbröckel dürften bei der falschen Beurteilung dieser Raumforderung sicher eine wesentliche Rolle gespielt haben, da zentrale Verkalkungen in Nierenzysten nur äußerst selten vorkommen (55 d). Nach einer Sammelstatistik von Pemsel e.a. aus dem Jahre 1977 (59) weisen Nierenkarzinome in 10 - 17 % der Fälle und Nierenzysten in 2 - 14 % der Fälle Verkalkungen auf. Form und Struktur der Kalkschatten lassen keinen zuverlässigen Schluß auf die Natur des raumfordernden Prozesses zu (59).

Patient F.P., 75 Jahre alt: In einer 8 cm großen, im oberen Drittel der rechten Niere gelegenen Zyste fanden sich im US randständige Binnenechos, so daß an ein Zystenwandkarzinom gedacht wurde. Die CT (Somatom) konnte diesen Verdacht jedoch nicht bestätigen. Die daraufhin durchgeführte Zystenpunktion erbrachte 250 ml klares, bernsteinfarbenes Aspirat, und auch mit der anschließenden Zystographie konnte keine Raumforderung innerhalb der Zyste nachgewiesen werden.

Patient A.D., 72 Jahre alt: Eine 2,5 cm große Zyste im rechten oberen Nierenpol, die sonographisch richtig beurteilt wurde (Abb. 15 a), hatte im CT-Bild (Delta 50) Gewebsdichte und wurde als Tumor fehlgedeutet (Abb. 15 b). Da eine Differenzierung auch angiographisch nicht gelang (Diagnose: gefäßarmer Tumor), wurde eine operative Abklärung durchgeführt. Der Patient verstarb 12 Stunden post operationem an einem ausgedehnten Vorderwandinfarkt.

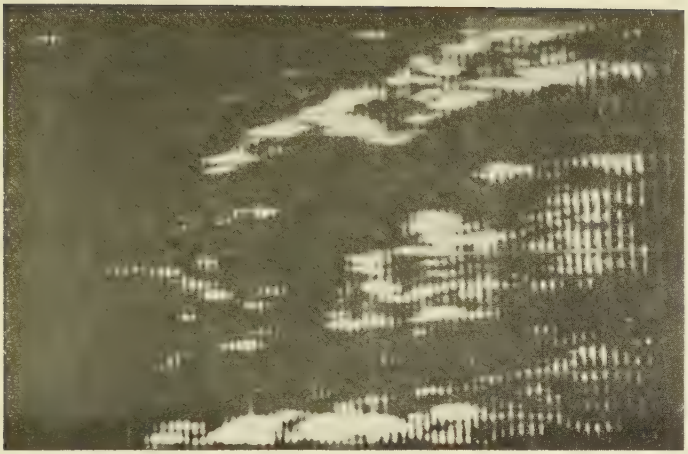


Abb. 15 a. Patient A.D., 72 Jahre alt. Im Real-Time-Scan scharf begrenzte, nahezu runde echofreie Zone in der rechten Niere. Diagnose: Nierenzyste

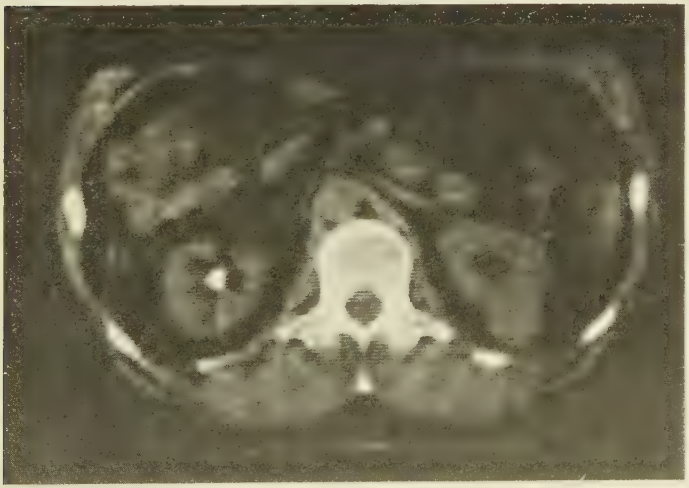


Abb. 15 b. Im CT-Bild desselben Patienten (Delta 50) gewebsdichte Raumforderung in der rechten Niere. Diagnose: solide Raumforderung, dringend malignomverdächtig.

Operationsergebnis: Nierenzyste

Patient H.B., 46 Jahre alt: Bei einem 5 cm großen, im mittleren Drittel der linken Niere gelegenen Karzinom konnte sonographisch nur eine 1 cm große zentrale Raumforderung nachgewiesen werden, von der nicht sicher gesagt werden konnte, ob sie zystischer oder solider Natur war. Die empfohlene computer-tomographische Kontrolluntersuchung (Somatom) mußte wegen multipler Artefakte bedingt durch Kontrastmittelreste im Magen-Darm-Trakt abgebrochen werden. Der Tumor hatte bei diesem Patienten nicht die äußere Nierenkontur vorgewölbt, sondern war mehr in Richtung auf das Nierenbecken vorgewachsen. Für die Sonographie war eine genaue Größenangabe in diesem Fall schwierig, da sich im US-Bild bei etwa gleichen Echostrukturen innerhalb der Niere keine scharfe Trennlinie zwischen Tumorgewebe und normalem Nierengewebe darstellen ließ. Die bei fortbestehendem klinischen Verdacht durchgeführte Angiographie erbrachte dann den Nachweis eines gefäßreichen malignen Nierentumors.

Patient J.P., 69 Jahre alt: Ein 4 cm großes Nierenkarzinom bestand nur aus einem schmalen Randsaum soliden Gewebes, welches nekrotisches Gewebe umschloß. Nach dem AUG (Abb. 16 a; Diagnose: Raumforderung), der Angiographie (Abb. 16 b; Diagnose: eher Zyste) und einer CT (Delta 50; Abb. 16 c; Diagnose: eher Tumor) fanden sich im US (Abb. 16 d) typische Kriterien einer Zyste, nämlich scharfe hintere Wand und Echoverstärkung in Schallrichtung. Eine Wiederholung der CT bestätigte den von den klinischen Befunden her gegebenen Tumorverdacht, so daß der Patient schließlich operiert wurde. Selbst intra operationem und trotz zweier Schnellschnittuntersuchungen ergab sich kein Anhalt für Malignität; es wurde also nur eine "Zystenabtragung" durchgeführt. Erst bei der systematischen Aufarbeitung des Operationsmaterials fanden sich dann Karzinom-Zellverbände, so daß der Patient zwei Wochen später reoperiert und nephrektomiert wurde. Aus diesem Fall, der den Grenzbefund zeigt, bei dem auch makroskopisch nicht ausreichend sicher zwischen Zyste und total nekrotischem Tumor unterschieden werden kann, ergibt sich, daß die klinischen Parameter (z.B. BKS, Kachexie) immer entsprechend mitberücksichtigt werden müssen.

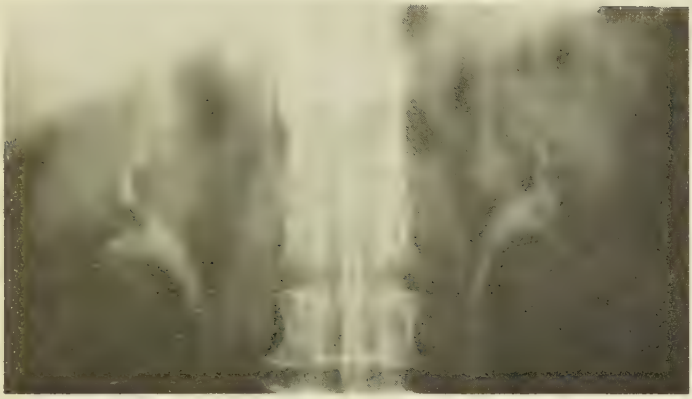


Abb. 16 a. Patient J.P., 69 Jahre alt. Im AUG raumfordernder Prozeß am linken oberen Nierenpol (am Bildrand)

Abb. 16 b. Im Angiogramm desselben Patienten gefäßfreie Raumforderung am linken oberen Nierenpol. Diagnose: Nierenzyste, differentialdiagnostisch evtl. gefäßarmer Tumor

Abb. 16 c. Im CT-Bild (Delta 50) gewebsdichte Raumforderung in der linken Niere. Diagnose: solider Tumor wahrscheinlicher als Zyste

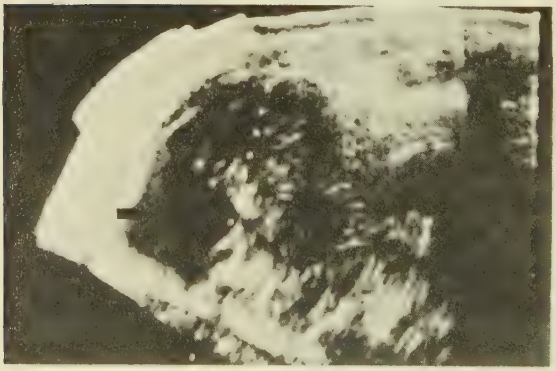


Abb. 16 d. Im Grey-Scale-B-Scan scharf begrenzte, echofreie Raumforderung im oberen Drittel der linken Niere (⟶). Diagnose: Nierenzyste.

Operationsergebnis: Nierenkarzinom

Patient R.R., 58 Jahre alt: Ein 6 cm großes, im oberen Pol der linken Niere gelegenes Karzinom war sonographisch wegen Rippenüberlagerung nicht ausreichend beurteilbar, wenn auch gewisse Hinweise für einen Weichteiltumor vorlagen. Die CT (Somatom) dagegen konnte den soliden Tumor eindeutig bestätigen.

Patient X.M., 60 Jahre alt: Ein 8 cm großes, zum Teil nekrotisches Karzinom im linken unteren Nierenpol, bei dem eine Peritonealkarzinose mit Aszites und zusätzlich eine 9 cm große Pankreaszyste vorlagen, konnte im CT-Bild (Delta 50) räumlich nicht der Niere zugeordnet werden, während die Diagnose sonographisch und angiographisch eindeutig war.

Patientin E.N., 40 Jahre alt: Ein 3 cm großes Adenom der linken Nebennierenrinde konnte im US wegen Artefakten, die durch Rippenüberlagerung verursacht waren, nicht sicher diagnostiziert werden, während die CT es eindeutig bestätigen konnte.

Zusätzlich zu den Fällen dieser Gruppe mit nicht richtig erstellten Diagnosen scheint ein Fall (Patient A.S., 79 Jahre alt) mit einem Nierenkarzinom erwähnenswert, bei dem sonographisch und computer-tomographisch eine 20 cm große solide Raumforderung, die angiographisch gefäßarm war, diagnostiziert wurde. Da der Patient aufgrund einer vor 20 Jahren wegen einer Hydronephrose durchgeführten linksseitigen Nephrektomie nur noch diese eine Niere besaß, wurde zur Sicherheit eine Punktion durchgeführt. Sie erbrachte zwar 150 ml blutig-seröse Flüssigkeit, aber zytologisch keinerlei Anhalt für Malignität. Eine biochemische Untersuchung des Aspirates erfolgte nicht. Wenige Wochen später verstarb der Patient. Die Sektion bestätigte den Tumorverdacht; zusätzlich fand sich eine multiple Metastasierung. Es erscheint immerhin ungewöhnlich, daß die zytologische Untersuchung des Aspirates bei diesem ausgedehnten Befund keinen Hinweis für das Vorliegen eines Tumors erbracht hat.

7.1.3. Treffsicherheit und Befundgröße

Die Treffsicherheit von US und CT in Abhängigkeit von der Größe der Läsion zeigt Tabelle 5.

Tab. 5. Treffsicherheit von US und CT in Abhängigkeit von der Befundgröße bei den histologisch gesicherten Diagnosen der Gruppe 1 (n=26)

	Durchschnittsgröße in cm		
	US	Delta 50	Somatom
Nierenzysten (N.Z.) insgesamt (n=8)	4,8	4,6	5,0
N.Z. nicht diagnostiziert	4,0 (n=2)	4,0 (n=3)	4 (n=1)
Nierentumoren (N.T.) insgesamt (n=18)	8,2	8,4	8,0
N.T. nicht diagnostiziert	5,0 (n=2)	8 (n=1)	5 (n=1)

Je größer eine Zyste bzw. ein Tumor ist, desto sicherer ist die Diagnose. Die kleinste richtig diagnostizierte Zyste mit histologischer Abklärung hatte einen Durchmesser von 3 cm, die größte einen von 8 cm; der kleinste Tumor war 4 cm, der größte 20 cm groß. Die nicht richtig diagnostizierten Zysten waren beim US beide 4 cm groß, beim Delta 50 3, 4 und 5 cm, und beim Somatom 4 cm. Die nicht richtig diagnostizierten Tumoren waren im US 4 und 6 cm, im Delta 50 8 cm und bei Somatom 5 cm groß.

7.2. Gruppe 2 (Angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherte Diagnosen)

7.2.1. Ergebnisse

Die Aufgliederung der Fälle der Gruppe 2 nach Diagnosen zeigt Tabelle 6 (S. 43).

Tab. 6. Treffsicherheit von US und CT bei den angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppe 2 (n=40)

	Summe	richtige Diagnosen	falsche Diagnosen	Artefakte	unsicher
Nierenzysten (n=28)					
US	28	22 (79 %)	4	1	1
Delta 50	17	13 (79 %)	2	2	-
Somatom	11	11(100 %)	-	-	-
Nierentumoren (n=5)					
US	5	5	-	-	-
Delta 50	2	2	-	-	-
Somatom	3	3	-	-	-
Zystennieren (n=2)					
US	2	2	-	-	-
Delta 50	1	1	-	-	-
Somatom	1	1	-	-	-
Renk. Lappung (n=3)					
US	3	1	-	-	2
Delta 50	3	3	-	-	-
Somatom	-	-	-	-	-
N.-Dysplasie (n=2)					
US	2	2	-	-	-
Delta 50	2	2	-	-	-
Somatom	-	-	-	-	-

7.2.2. Fallbesprechung

In der Gruppe 2 konnten im US 6 Läsionen, die dann in der Zusammenschau aller Befunde von den behandelnden Ärzten als Nierenzysten eingestuft wurden, nicht richtig diagnostiziert werden. Bei 3 von ihnen wurde der Verdacht auf eine solide Raumforderung ausgesprochen (2, 4, 5 cm), bei einer waren sowohl zystische als auch solide Kriterien vorhanden (4 cm), bei einer war die Niere o.B. (2 cm) und einmal verhinderte Rippenüberlagerung die Diagnose (4 cm).

Der Delta 50 konnte - im Gegensatz zum Somatom, das in allen Fällen zur richtigen Diagnose führte - 4 Zysten nicht bestätigen. 2 davon stellten sich als gewebsdicht dar (2 und 4 cm).

In 2 Fällen mit renkulärer Lappung konnte im US eine solide Raumforderung nicht sicher ausgeschlossen werden, was wegen des sonographisch soliden Charakters beider Befunde auch relativ schwierig ist. Die Unterscheidung gelingt häufig nur über die Größe und die Gleichmäßigkeit der Parenchymlappung. Es muß anhand der klinischen Befunde abgewogen werden, ob eine sonographisch diagnostizierte renkuläre Lappung angiographiert werden sollte oder ob eine US- oder CT-Kontrolle ausreichend ist.

7.2.3. Treffsicherheit und Befundgröße

Die Abhängigkeit der Treffsicherheit des US und der CT von der Befundgröße ist aus Tabelle 7 ersichtlich.

Tab. 7. Treffsicherheit von US und CT in Abhängigkeit von der Befundgröße bei den angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppe 2 (n=28).

	Durchschnittsgröße in cm		
	US	Delta 50	Somatom
Nierenzysten (N.Z.) insgesamt (n=28)	3,8	3,4	4,5
N.Z. nicht diagnostiziert	3,2 (n=6)	3,0 (n=4)	-
Nierentumoren (N.T.) insgesamt (n=5)	6,0	4,0	7,3
N.T. nicht diagnostiziert	-	-	-

Wie nicht anders zu erwarten war, gilt auch für die Gruppe 2: Je größer die Zyste, desto sicherer die Diagnose. Die kleinste richtig diagnostizierte Zyste hatte einen Durchmesser von 2 cm, die größte einen von 7 cm. Die nicht richtig diagnostizierten Zysten waren beim US zwischen 2 und 5 cm und beim Delta 50 zwischen 2 und 4 cm groß.

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse von Tabelle 5 und Tabelle 7 zusammengefaßt. Sie zeigt den Zusammenhang zwischen Treffsicherheit und Befundgröße für alle Patienten mit gesicherter Diagnose.

Tab. 8. Treffsicherheit von US und CT in Abhängigkeit von der Befundgröße bei den histologisch bzw. angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppen 1 und 2 (n=59)

	Durchschnittsgröße in cm		
	US	Delta 50	Somatom
Nierenzysten (N.Z.) insgesamt (n=36)	4,0	3,7	4,6
N.Z. nicht diagnostiziert	3,4 (n=8)	3,5 (n=7)	4 (n=1)
Nierentumoren (N.T.) insgesamt (n=23)	7,7	7,5	7,8
N.T. nicht diagnostiziert	5,0 (n=2)	8 (n=1)	5 (n=1)

7.3. Treffsicherheit und Lokalisation des Befundes

Bei den 59 Patienten der Gruppen 1 und 2 mit Nierenkarzinomen und Nierenzysten (histologisch bzw. angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherte Diagnosen) konnten 58 raumfordernde Prozesse einem bestimmten Nierendrittel zugeordnet werden. Bei 5 Nierenkarzinomen war keine Zuordnung mehr möglich, da sie bereits die gesamte Niere erfaßt hatten. Bei 4 Patienten der Gruppe 2 waren sonographisch, computer-tomographisch und angiographisch je 2 Nierenzysten beschrieben worden. Diese 4 Nierenzysten wurden bei der Auswertung mit berücksichtigt.

Tabelle 9 zeigt den Zusammenhang zwischen der Treffsicherheit von US und CT und der Lokalisation der Raumforderung im unteren, mittleren oder oberen Nierendrittel.

Tab. 9. Treffsicherheit von US und CT in Abhängigkeit von der Lokalisation des Befundes (u = unteres Nierendrittel, m = mittleres Nierendrittel, o = oberes Nierendrittel) bei den histologisch bzw. angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppen 1 und 2 (n=58)

	Lokalisation								
	US			Delta 50			Somatom		
	u	m	o	u	m	o	u	m	o
Nierenzysten (N.Z.) insgesamt (n=40)	10	21	9	6	16	4	4	5	5
N.Z. nicht diagnostiziert	2	3	2	1	4	1	-	-	1
Nierentumoren (N.T.) insgesamt (n=18)	9	4	5	3	2	3	6	2	2
N.T. nicht diagnostiziert	-	1	2	1	-	-	-	1	-
N.Z. und N.T. insgesamt (n=58)	19	25	14	9	18	7	10	7	7
N.Z. und N.T. nicht diagn.	2	4	4	2	4	1	-	1	1

Es erscheint bemerkenswert, daß Nierenzysten und Nierentumoren ein unterschiedliches Verteilungsmuster zeigten. Im mittleren Nierendrittel lagen mehr als die Hälfte aller gesicherten Zysten, aber weniger als 25 % aller soliden Tumoren. 50 % der Tumoren, die noch auf ein bestimmtes Nierendrittel beschränkt waren, gingen vom unteren Nierenpol aus, während dort wiederum nur ein Viertel aller Zysten lokalisiert war. Im oberen Nierenpol fanden sich jeweils etwa 25 % der Zysten und Tumoren.

Tabelle 10 faßt die mit dem Delta 50 und dem Somatom untersuchten Patienten zusammen, so daß ein übersichtliches Bild entsteht.

Tab. 10. Treffsicherheit von US und CT in Abhängigkeit von der Lokalisation des Befundes (u = unteres Nierendrittel, m = mittleres Nierendrittel, o = oberes Nierendrittel) bei den histologisch bzw. angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppen 1 und 2 (n=58)

	Lokalisation					
	US			CT		
	u	m	o	u	m	o
N.Z. und N.T. insgesamt (n=58)	19	25	14	19	25	14
N.Z. und N.T. nicht diagn.	2	4	4	2	5	2
N.Z. und N.T. richtig diagn.	89%	84%	71%	89%	80%	86%
nicht diagn.	11%	16%	29%	11%	20%	14%

Aus Tabelle 10 geht hervor, daß die bei der CT nicht richtig diagnostizierten Befunde prozentual in etwa gleichmäßig über alle Nierendrittel verteilt sind. Beim US dagegen ist der Anteil der nicht richtig diagnostizierten Läsionen im oberen Nierendrittel doppelt so hoch wie in den anderen Nierendritteln.

Tabelle 11 stellt den Zusammenhang zwischen der Treffsicherheit von US und CT und der Seitenverteilung bei den Befunden im oberen Nierendrittel dar.

Tab. 11. Treffsicherheit von US und CT bei den im oberen Nierendrittel gelegenen Befunden in Abhängigkeit von der Seitenverteilung (o = oberes Nierendrittel, or = oberes Drittel der rechten Niere, ol = oberes Drittel der linken Niere) bei den histologisch bzw. angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppen 1 und 2 (n=14)

	Lokalisation					
	US			CT		
	o	or	ol	o	or	ol
N.Z. und N.T. insgesamt (n=14)	14	6	8	14	6	8
N.Z. und N.T. nicht diagn.	4	1	3	2	1	1
N.Z. und N.T. richtig diagn.	71%	83%	62%	86%	83%	87%
nicht diagn.	29%	17%	38%	14%	17%	13%

Diese Aufschlüsselung zeigt, daß die Treffsicherheit des US im linken oberen Nierenpol erheblich geringer ist als in anderen Bereichen der Nieren. Diese verminderte Treffsicherheit ist hauptsächlich auf die Fälle zurückzuführen, die in unserer Auswertung wegen Artefakten, die durch Rippenüberlagerung verursacht waren, als nicht diagnostiziert gewertet wurden. Die linke Niere wird davon häufiger betroffen, weil sie meist um etwa eine Wirbelkörperbreite höher steht als die rechte und somit leichter vom Rippenbogen verdeckt werden kann (73). Außerdem gelingt es in den meisten Fällen, den rechten oberen Nierenpol durch die Leber darzustellen.

7.4. Gruppe 3 Ergebnisse

Bei den 41 Patienten der Gruppe 3, bei denen außer Sonographie und CT keine weiteren Untersuchungen durchgeführt wurden, erscheint eine Auswertung nach richtigen und falschen Diagnosen wie bei den Gruppen 1 und 2 fragwürdig. Die Fälle wurden deshalb nur aufgegliedert nach in US und CT übereinstimmende bzw. diskrepante Befunde.

Tabelle 12 zeigt die Aufschlüsselung der in US und CT übereinstimmenden Befunde nach Diagnosen.

Tab. 12. In US und CT übereinstimmende Diagnosen bei den klinisch, durch den Verlauf bzw. durch sonographische oder computer-tomographische Kontrolluntersuchungen "gesicherten" Diagnosen der Gruppe 3 (n=26)

	US	Delta 50	Somatom
Nierenzysten	22	5	17
Zystennieren	3	2	1
Renkuläre Lappung	1	1	-

In 4 Fällen (siehe Tabelle 3, S. 32) war wegen Artefakten keine Beurteilung möglich; dabei war der US dreimal (2 Rippenüberlagerungen und 1 Adipositas permagna) und der Delta 50 einmal (Bewegungsartefakte) betroffen.

Aus Tabelle 13 ist ersichtlich, wie die US- und CT-Einzeldiagnosen der 11 nicht übereinstimmenden Befunde lauteten.

Tab. 13. Einzeldiagnosen der in US und CT nicht übereinstimmenden Befunde (D = Delta 50, S = Somatom) bei den klinisch, durch den Verlauf bzw. durch sonographische oder computer-tomographische Kontrolluntersuchungen "gesicherten" Diagnosen der Gruppe 3 (n=11)

	Computer-Tomographie									
	zystisch		solide		renk. Lapp.		o.B.		unsicher	
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
US: zystisch	-	-	-	1	-	1	1	1	-	-
solide	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
renk. Lappung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
o.B.	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
unsicher	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-

Tabelle 14 zeigt den Zusammenhang zwischen der Größe eines raumfordernden Prozesses und der in US und CT übereinstimmenden bzw. diskrepanten Beurteilung dieser Läsion bei den Fällen der Gruppe 3. Der Durchmesser der in US und CT übereinstimmend als Nierenzysten eingeschätzten Raumforderungen betrug 2 - 8 cm und war im Durchschnitt wesentlich größer als der Durchmesser der in US und CT unterschiedlich beurteilten Läsionen.

Tab. 14. Übereinstimmung bzw. Nicht-Übereinstimmung der US- und CT-Befunde in Abhängigkeit von der Größe des raumfordernden Prozesses bei den klinisch, durch den Verlauf bzw. durch sonographische oder computer-tomographische Kontrolluntersuchungen "gesicherten" Diagnosen der Gruppe 3 (n=33)

	Durchschnittsgröße in cm		
	US	Delta 50	Somatom
Nierenzysten in US und CT übereinst.	3,3 (n=22)	3,0 (n=5)	3,8 (n=17)
Diskrepante Befunde	2,4 (n=11)	2,5 (n=5)	2,3 (n=6)

8. Diskussion

Zu Beginn der Diskussion erscheint eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse sinnvoll.

Tabelle 15 zeigt die Treffsicherheit von US und CT bei den gesicherten Diagnosen der Gruppen 1 und 2.

Tab. 15. Treffsicherheit von US und CT bei den histologisch bzw. angiographisch, klinisch und durch den Verlauf gesicherten Diagnosen der Gruppen 1 und 2 (n=72)

	Summe	richtige Diagnosen	falsche Diagnosen	Artefakte	unsicher
US	72	58 (81 %)	6	4	4
Delta 50	40	32 (80 %)	3	3	2
Somatom	32	30 (94 %)	1	1	-

Alle falschen und unsicheren Diagnosen einschließlich aller Fälle, in denen Artefakte die Beurteilbarkeit einschränkten, wurden als nicht diagnostiziert gewertet. Es ergibt sich für den US eine Treffsicherheit von 81 %, für den Delta 50 eine von 80 % und für das Somatom eine von 94 %.

8.1. Artefakte

Durch Artefakte war beim US in 7 von 113 Fällen (6,2 %) keine Diagnose möglich, beim Delta 50 in 4 von 57 Fällen (7,0 %) und beim Somatom in 1 von 66 Fällen (1,5 %).

Da die Leistungen des US und der CT vom theoretischen Auflösungsvermögen her in etwa gleich sind (18, 21, 31, 37, 48, 49), ist auch eine vergleichbare Treffsicherheit zu erwarten. Dies trifft für unser Krankengut zu, wenn man den US und den langsamen Scanner (Delta 50) vergleicht, die beide in ähnlichem Maße durch das Entstehen von Artefakten behindert wurden. Beim US überstiegen dabei die Artefakte durch Rippenüberlagerung (6 Fälle; 5,3 %) die

durch Adipositas verursachten (1 Fall; 0,9 %) bei weitem. Die Rippenüberlagerung und auch die Überlagerung durch Querfortsätze sind für die Diskrepanz zwischen der jeweiligen Treffsicherheit bei Läsionen im oberen, mittleren bzw. unteren Nierendrittel verantwortlich. Beim Delta 50 handelte es sich in allen Fällen um Bewegungsartefakte, beim Somatom um (vermeidbare) Artefakte durch Kontrastmittel im Magen-Darm-Trakt.

Artefakte durch Darmperistaltik, die insbesondere bei der CT mit einem langsamen Scanner auftreten, können durch medikamentöse Ruhigstellung des Darmes vermindert werden. Für den schnellen Scanner und die US-Untersuchung tritt dieses Problem in den Hintergrund.

Abdominelle Luft, welche sonst die US-Untersuchung beeinträchtigt, spielt bei der Untersuchung der Nieren von dorsal und lateral keine Rolle. Deshalb entfallen Vorbereitungen des Patienten.

Knochen stört bei der CT nicht, im US aber erheblich (Rippenüberlagerung im Bereich des oberen Nierenpols).

Eine Adipositas, die den US behindert, ist für die CT sogar günstig, da durch interponiertes Fett die einzelnen Organe besser voneinander abzugrenzen sind.

Die Mitarbeit des Patienten ist für die CT mit einem langsamen Scanner wesentlich wichtiger als für den US, insbesondere bei Verwendung eines Real-Time-Geräts. Bei unruhigen Patienten kann eine Untersuchung in Narkose notwendig werden, da bereits kleine Objektbewegungen im CT-Bild ausgeprägte Streifenartefakte verursachen.

Berücksichtigt man alle Fehlerquellen, so sind der US und der langsame Scanner etwa gleich häufig mit Artefakten belastet (6,2 bzw. 7,0 %), während der schnelle Scanner davon weitgehend frei bleibt (1,5 %). Dies entspricht den Angaben in der Literatur (18, 31, 48, 49, 50).

8.2. Treffsicherheit

Die Treffsicherheit des US wird in der Literatur mit 74 - 100 % für Nierenzysten und mit 82 - 100 % für solide Tumoren angegeben (5, 10, 12, 15, 22, 23, 26, 34, 40, 44, 57, 62, 64, 67, 78). Die daraus errechneten Durchschnittswerte liegen für Zysten und Tumoren zwischen 92 und 93 % (5).

Die Angaben für die Treffsicherheit der CT liegen bei zystischen Prozessen zwischen 89 und 100 %, bei soliden Tumoren zwischen 80 und 100 % (2, 29, 45, 65, 76).

Die Treffsicherheit bei unserem Krankengut lag mit 81 % für den US, mit 80 % für den Delta 50 und mit 94 % für das Somatom zumindest für die ersten beiden Untersuchungsmethoden relativ niedrig. Hierzu läßt sich folgendes anmerken:

In der vorliegenden Arbeit wurden die durch Artefakte nicht auswertbaren Untersuchungen als nicht diagnostizierte Fälle gewertet, so daß die Treffsicherheit entsprechend geringer wurde. Aus den aufgeführten Publikationen war meist nicht zu ersehen, ob ebenso verfahren wurde. Werden die durch Artefakte nicht diagnostizierten Fälle berücksichtigt, vermindert sich die Treffsicherheit entsprechend.

Die Diskrepanz zwischen unseren Ergebnissen und den Angaben in der Literatur wird außerdem durch den retrospektiven Charakter unserer Auswertung relativiert. Die weitaus größte Zahl unserer Patienten wurde entweder nur sonographisch oder nur computer-tomographisch untersucht. Nur in besonderen Fällen, wenn also z.B. der erste Befund nicht ausreichend eindeutig erschien oder die klinischen Parameter an der Diagnose zweifeln ließen, wurde die jeweils andere Untersuchung zusätzlich durchgeführt. Auf diese Weise wurde ein Krankengut selektiert, das insgesamt schwieriger zu diagnostizieren war als der Durchschnitt.

Unsere Erfahrungen, daß sowohl die CT als auch der US eine Diagnose umso leichter stellen können, je größer die betreffende Läsion ist, stimmen mit den Angaben in der Literatur überein (5, 65). Auch andere Untersucher berichten von relativ großen Raumforderungen (ca. 5 cm Durchmesser), bei denen wegen schlechter Untersuchungsbedingungen sonographisch nicht sicher zwischen einem zystischen und einem soliden Prozeß unterschieden werden konnte (68). Als Grenze, unterhalb derer sich die Trefferquote deutlich verschlechtert, wird für den US 2 - 3 cm angegeben (5), für die CT 2 cm (65).

Von entscheidender Bedeutung erscheint die Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation mit ihrem wichtigsten Ergebnis, nämlich der erheblich verringerten Treffsicherheit des US vor allem im linken oberen Nierenpol. Hierzu sind uns Angaben aus der Literatur nicht bekannt.

Von der Treffsicherheit her gesehen ist die schnelle CT unserer Erfahrung nach den anderen Methoden überlegen. Bevor aber hieraus abgeleitet werden kann, daß alle Patienten mit Verdacht auf renale Raumforderung zuerst mit dem schnellen Scanner untersucht werden sollten, müssen noch andere Gesichtspunkte wie z.B. Untersuchungsdauer, Nebenwirkungen und Wirtschaftlichkeit in Betracht gezogen werden.

8.3. Untersuchungsdauer

Die Untersuchungsdauer hängt sehr stark vom verwendeten Gerätetyp und von der Erfahrung des Untersuchers ab. Für die US-Untersuchung ist außerdem von Bedeutung, ob ein AUG vorliegt, aus dem die Lokalisation der Nieren und des fraglichen Befundes und eine eventuell atypische Lage der Nieren ersichtlich sind.

Normalerweise benötigt man für einen Real-Time-Scan der Nieren 5 - 10 Minuten und für einen Compound-Scan 10 - 20 Minuten. Eine Nieren-CT mit einem langsamen Scanner (Scan-Zeit im Minutenbereich) dauert mindestens 30 Minu-

ten, bei zusätzlichen Schichten nach Kontrastmittelgabe fast eine Stunde. Mit einem schnellen Scanner (Scan-Zeit 2 - 5 Sekunden) sind für eine einfache Nierenuntersuchung 10 - 20 Minuten und bei Kontrastmittelgabe 30 Minuten anzusetzen.

8.4. Quantifizierbarkeit

Die bei der CT gemessenen Absorptionswerte sind als Dichtewerte quantifizierbar und reproduzierbar und somit mit Normalwerten vergleichbar, wie sie z.B. für Zysteninhalt oder normales Nierengewebe existieren. Durch die Gabe von nierengängigem Kontrastmittel ergeben sich weitere Differenzierungsmöglichkeiten anhand des unterschiedlichen Dichteanstiegs in Zysten, Tumoren und normalem Nierengewebe (31, 48, 65).

Wegen der großen Manipulierbarkeit der Ausgangsenergie, der Echoverstärkung und der Echounterdrückung ist es wenig sinnvoll, die Intensität eines US-Echos zahlenmäßig anzugeben. Die Echostärke wird außerdem noch durch sich der Meßbarkeit entziehende Faktoren wie Einfallswinkel des Schallsignals oder Haut-Organ-Abstand beeinflußt (31, 50).

8.5. Abbildungsmöglichkeiten

Mit dem Real-Time-Scan besteht für den US die Möglichkeit, dynamische Bilder (d.h. mit mindestens zehnmaligem Bildneuaufbau pro Sekunde) zu erzeugen. Auf diese Weise können direkte Organbewegungen wie z.B. die Atemexkursion einer Niere beobachtet werden (31).

Beim US können Schnittebenen in jeder beliebigen Richtung durch den Körper gelegt werden, während bei der CT nur geringe Abweichungen von der zur Körperachse senkrechten Ebene möglich sind. Dadurch ist für den US z.B. der untere Nierenpol durch Längsschnitte genau abgrenzbar. Longitudinalschnitte lassen sich auch computer-tomographisch aus den Absorptionswerten von Transversalschnitten berechnen. Damit eine gute räumliche Auflösung erreicht

wird, müssen allerdings Transversalschichten in Millimeterdicke für die Umrechnung zur Verfügung stehen. Die Strahlenbelastung steigt damit natürlich entsprechend an (18, 31).

Im Computer-Tomogramm wird bei jeder Schicht der gesamte Körperquerschnitt abgebildet. Auf diese Weise lassen sich zusätzlich pathologische Befunde an Organen feststellen, die ursprünglich außerhalb der klinischen Fragestellung lagen (18).

8.6. Nebenwirkungen

Bis vor kurzer Zeit bestand die Ansicht, der diagnostische US habe keine schädlichen Nebenwirkungen. Es hatten sich weder durch Nachuntersuchungen noch durch Tierexperimente noch durch in-vitro-Beschallung von Zellkulturen Hinweise ergeben, die in diese Richtung deuteten (3, 8, 27, 52, 75). Aufgrund dieser Arbeiten konnte man davon ausgehen, daß eine US-Untersuchung absolut ungefährlich und somit beliebig oft wiederholbar sei. In jüngster Zeit allerdings wurde mehrmals über schädliche Nebenwirkungen einer diagnostischen US-Anwendung berichtet. Neben Chromosomenschäden in schnell wachsendem Säugergewebe und in Kulturen menschlicher Lymphozyten fanden sich Wachstumsstörungen in Zellkulturen von Mäusen (46, 47, 60). Es muß späteren Untersuchern vorbehalten bleiben, diesen Arbeiten den richtigen Stellenwert beizumessen.

Die CT ist eine Röntgen-Untersuchung. Nach Mensch-Phantom-Messungen, die an einem Delta 50 durchgeführt wurden, beträgt die maximale Hautdosis bei einer normalen Nierenuntersuchung (Filterung 6 mm Aluminium, 10 Schichten à 13 mm) 1 800 mrad an der Eintrittsseite und 250 mrad an der Austrittsseite (36). Die Gonadendosis wird mit insgesamt 4 mrad für die Ovarien und mit 2 mrad für die Testes angegeben. Besteht der Verdacht auf eine renale Raumforderung, werden im allgemeinen zusätzliche Schichten nach Kontrastmittelgabe durchgeführt. Bei 4 Zusatzschichten à

13 mm erhöht sich die Maximaldosis an der Eintrittsseite auf 3 100 mrad und an der Austrittsseite auf 400 mrad. Die Ovarialdosis steigt auf 6 mrad, die Testisdosis auf 3 mrad (36).

Mit einer Hautdosis von 2,5 rad pro Schicht läßt sich eine Dichteauflösung von 5 - 10 H und eine räumliche Auflösung von 0,5 cm erreichen (48). Soll die Dichteauflömit einem sogenannten low-noise-scan verbessert werden, so muß aufgrund der vorher erwähnten mathematischen Beziehung (siehe S. 23) eine wesentlich höhere Strahlendosis oder aber eine schlechtere räumliche Auflösung in Kauf genommen werden (31, 48, 71).

Das bei der CT durch die Kontrastmitteluntersuchung entstehende Risiko entspricht dem eines AUG. Schwere Reaktionen werden in 2 - 20 von 10 000 Untersuchungen beobachtet, zu letalen Zwischenfällen kommt es in 8 - 15 von 1 000 000 Untersuchungen (17, 55 b).

8.7. Kosten

8.7.1. Raumbedarf

Der Raumbedarf für eine CT-Einheit wird mit 30 - 80 qm angegeben, während für ein US-Gerät 15 - 25 qm ausreichen (19, 31). Es muß sich beim CT um zwei Räume handeln, von denen einer gegen Strahlung abgeschirmt sein muß. Ein CT-Gerät ist in diesen Räumen stets fest installiert, während ein US-Gerät z.B. zu einem Patienten auf der Intensivstation gefahren werden kann (19, 31).

8.7.2. Personalbedarf

Während einer computer-tomographischen Untersuchung muß außer einer technischen Assistentin immer ein Arzt anwesend sein, der die Lokalisation der Schnittebenen festlegt und die Indikation für eine eventuelle Kontrastmittelapplikation stellt. Eine US-Untersuchung kann dagegen von einem Einzelnen ausgeführt werden.

Der Untersucher hat bei der CT bei gegebenen Aufnahmedaten (kV, mAs, Schichtdicke) keinen Einfluß auf die Meßdaten; er kann allerdings die Bildwiedergabe elektronisch manipulieren. Die Qualität eines Compound-Scan-Bildes im US ist in hohem Maße abhängig von der Erfahrung und der Geschicklichkeit des Untersuchers. Da die Anatomie in computer-tomographischen Querschnittsbildern für den weniger Erfahrenen besser einsehbar ist, fällt die Interpretation eines CT-Bildes am Anfang leichter als die Beurteilung eines US-Schnittbildes. Aus diesen Gründen muß für ein US-Gerät eine längere Einarbeitungszeit veranschlagt werden als für eine Computer-Tomographen (18, 31).

8.7.3. Anschaffungs- und Betriebskosten

Die durchschnittlichen Anschaffungskosten eines CT-Gerätes betragen nach einer amerikanischen Studie aus dem Jahre 1977 (19) 526 000 Dollar, während man für ein US-Gerät mit 63 500 Dollar nur ein knappes Achtel davon aufwenden muß. Der Preis für ein Real-Time-Gerät liegt bei etwa 40 000 Dollar. Geht man von einer Abschreibung des jeweiligen Anschaffungspreises auf die Untersuchungskosten innerhalb von 5 Jahren und von einer Auslastung mit etwa 2 000 computer-tomographischen und etwa 1 500 US-Untersuchungen pro Jahr aus, so ergeben sich einschließlich aller Aufwendungen für Material, Reparaturen, Reinigung und Personal für die CT Untersuchungskosten von 190 Dollar und für den US von 60 Dollar.

Da die Zahlen für die CT Durchschnittswerte von Schädel- und Ganzkörper-Scannern sind, muß für einen Ganzkörper-Scanner ein wesentlich höherer Anschaffungspreis veranschlagt werden.

Eine sonographische Nierenuntersuchung dauert im Schnitt weniger lang als die durchschnittliche Abdomenuntersuchung, auf die sich die Zahlen für die jährliche Auslastung des US-Gerätes beziehen. Für die Niere ist deswegen eine bessere Auslastung zu erwarten.

Die Ergebnisse dieser Studie sind auf unsere Verhältnisse sicher in etwa übertragbar, wenn auch wegen der genannten Einschränkungen mit einer höheren Kostendifferenz zwischen US und CT zu rechnen ist. Die Kosten für eine computer-tomographische Nierenuntersuchung müssen daher mit dem 4 - 6fachen einer US-Untersuchung angesetzt werden (1, 14, 19).

9. Schlußfolgerungen für die Praxis

9.1. Empfohlenes diagnostisches Vorgehen

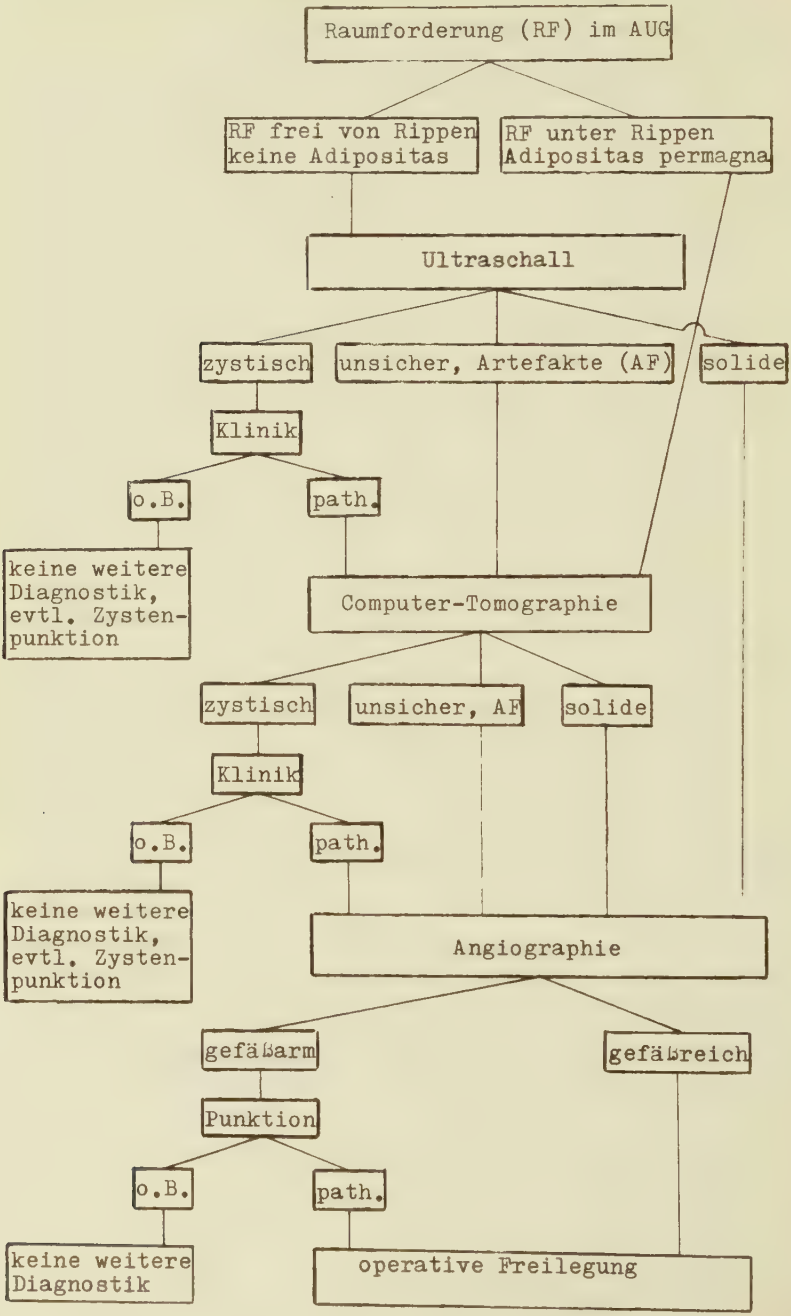
Unter Berücksichtigung aller angesprochenen Punkte, vor allem aber der Nebenwirkungen und der Kostenfrage erscheint uns die Sonographie trotz ihrer gegenüber einem Computer-Tomographen mit schnellem Bildaufbau etwas geringeren Treffsicherheit als die geeignetere Erstuntersuchung nach dem AUG bei Verdacht auf renale Raumforderung. Es ergibt sich demnach folgendes diagnostisches Vorgehen (Abb. 17, S. 62):

Nach dem AUG beginnt der Untersuchungsgang normalerweise mit einem Sonogramm. Wenn eine Adipositas permagna vorliegt oder wenn die Raumforderung im AUG von den unteren Rippen überlagert wird (vor allem am linken oberen Nierenpol), sollte direkt die CT durchgeführt werden.

Zeigt das sonographische Bild einen soliden Tumor, wird der Patient angiographiert. Wenn wegen Artefakten keine sichere Aussage möglich oder der Befund unsicher ist, schließt sich eine CT an. Für den Fall, daß sonographisch sicher eine Zyste diagnostiziert wird und dieser Befund mit den klinischen Parametern übereinstimmt, wird in der Literatur ein unterschiedliches Vorgehen empfohlen: Manche Autoren halten die Zystenpunktion in jedem Falle für unumgänglich (15, 43, 44, 79), manche sehen die sichere US-Diagnose Zyste als ausreichend an (10, 50).

Eine computer-tomographisch sichere Zyste mit unverdächtiger Klinik wird ebenso behandelt wie eine im US gesicherte (65, 72). Bei Artefakten, unsicherem Befund und bei Kriterien eines soliden Prozesses wird eine Angiographie durchgeführt, gegebenenfalls als Pharmako-Angiographie.

Abb. 17. Empfohlenes diagnostisches Vorgehen bei Verdacht auf renale Raumforderung



Bei Nachweis von pathologischen Gefäßen im Renovasogramm ist eine operative Abklärung indiziert. Wenn sich der raumfordernde Prozeß gefäßfrei darstellt, sollte die Läsion punktiert werden, am besten unter sonographischer Sichtkontrolle (11, 24, 25, 38, 58).

Die Untersuchung von Aspirat aus einer zystischen Raumforderung der Niere hat nach Lang (41, 43) eine Treffsicherheit von über 90 %, wenn die aspirierte Flüssigkeit nach folgenden Kriterien untersucht wird:

1. Farbe: Blutiges Aspirat stammt eher aus einem nekrotischen Tumor, klares bernsteinfarbenes Aspirat eher aus einer Zyste.
2. Zytologische Untersuchung: Zellatypien in einem Ausstrichpräparat weisen auf ein malignes Geschehen hin.
3. Biochemische Untersuchung: Bei hohem Fett- und Eiweißgehalt ist ein Karzinom, bei niedrigem Fett- und Eiweißgehalt eine Zyste wahrscheinlicher. Die Glucosekonzentration ist in Nierenzysten oft gegenüber der Glucosekonzentration im Blut erhöht, während sie in nekrotischen Tumoren dem Blutglucosewert entspricht. Die Laktat-Dehydrogenase(LDH)-Aktivität ist dagegen sowohl in Zysten als auch in nekrotischen Tumoren erniedrigt und lediglich zur Unterscheidung von entzündlichen Raumforderungen (erhöhte LDH-Aktivität) geeignet.

Ernsthafte Komplikationen der perkutanen Zystenpunktion sind retroperitoneale Hämatome, Hämaturien und Infektionen im Punktionsgebiet (38, 43, 44). Ihre Häufigkeit liegt nach Lang (43) unter 0,3 %.

Die Punktion sollte sich nicht auf die optische, zytologische und biochemische Untersuchung des Aspirates beschränken, sondern eine Kontrastmitteldarstellung der Raumforderung beinhalten, die am besten im Doppelkontrastverfahren durchgeführt wird (79). Ergeben sich keine Hinweise für Malignität, erscheint keine weitere Diagnostik nötig, ansonsten muß eine operative Freilegung erfolgen.

9.2. Ersatz von risikoreichen invasiven Untersuchungsmethoden durch risikoärmere nicht-invasive Verfahren

Die Sonographie ist nach dem heutigen Stand der Kenntnisse eine weitgehend ungefährliche Untersuchung.

Die einzigen lebensbedrohlichen Komplikationen, die bei der CT auftreten können, sind Kontrastmittelzwischenfälle. Ihre Häufigkeit wird mit 0,02 - 0,2 % bei einer Letalität von 0,0008 - 0,0015 % angegeben (17, 55 b).

Bei der Katheterangiographie kommt es in 1,3 % der Fälle zu ernsthaften Komplikationen und bei 0,03 - 0,11 % der Patienten zu letalen Zwischenfällen (55 c, 81, 82 b).

Die Häufigkeit ernsthafter Komplikationen bei der perkutanen Nierenzystenpunktion liegt unter 0,3 % (43).

Im Vergleich dazu ist das Risiko einer operativen Nierenfreilegung zu diagnostischen Zwecken ganz erheblich: Bei einer Mortalität von 1 - 1,6 % muß zusätzlich mit 1 % Lungenembolien, 2,5 % postoperativen cerebro-vaskulären Komplikationen und nicht zuletzt mit 1,5 - 12 % unnötigen Nephrektomien gerechnet werden, ganz zu schweigen von der nachweisbaren Verschlechterung der Prognose von Nierenkarzinomen, wenn die Niere nicht en bloc reseziert wird (39, 55 d, 61, 77).

Unsere Erfahrung und die Auswertung der Ergebnisse führten zu dem angegebenen diagnostischen Vorgehen. Danach müßte es gelingen, die Anzahl der erforderlichen Angiographien und diagnostischen Probe-Freilegungen erheblich zu reduzieren und trotzdem keinen Patienten der Gefahr auszusetzen, trotz eines vorliegenden Nierenkarzinoms unbehandelt zu bleiben. Sonographie und Computer-Tomographie sind zwar ein weiterer Schritt in Richtung einer apparativen Medizin, sie bedeuten aber durch die Senkung der diagnostischen Komplikationsrate für den Patienten einen großen Gewinn.

10. Zusammenfassung

113 Patienten mit raumfordernden Nierenprozessen wurden sonographisch und computer-tomographisch untersucht. In 32 Fällen wurde die Diagnose histologisch, in 40 Fällen angiographisch, klinisch und durch den Verlauf und in 41 Fällen nur klinisch und durch den Verlauf bzw. durch sonographische und computer-tomographische Kontrolluntersuchungen gesichert. Im Vergleich zur Computer-Tomographie mit schnellem Bildaufbau ist die Treffsicherheit der Sonographie etwas geringer. Wegen ihrer relativen Ungefährlichkeit und ihres Kostenvorteils wird die Sonographie aber doch als die für die Erstuntersuchung nach der ausscheidungsurographischen Diagnose einer renalen Raumforderung geeignetere Methode beurteilt. Es wird ein diagnostisches Vorgehen vorgeschlagen, bei dessen Anwendung sich die Zahl der nötigen Angiographien und diagnostischen Probe-Freilegungen beträchtlich vermindern läßt.

L I T E R A T U R

1. Abrams, H.L., McNeil, B.J.: Computed Tomography: Cost and Efficacy Implications. Am. J. Roentgenol. 131, 81 (1978)

2. Alfidi, R.J.: Evaluation of Renal Masses by Ultrasonography, CT, and Angiography. International Symposium and Course on Computed Tomography, Miami Beach April 3 - 8, 1977

3. Baker, M.L., Dalrymple, G.V.: Biological Effects of Diagnostic Ultrasound: A Review. Radiology 126, 479 (1978)

4. Bandhauer, K.: Urologische Röntgendiagnostik. In: C.E. Alken, W. Staehler: Klinische Urologie. Stuttgart: Georg Thieme 1976

5. Benz, U.F., Schulze, K., Meudt, R.: Die Sonographie in der Diagnostik von Nierenerkrankungen. Radiologe 16, 320 (1976)

6. Brühl, P., Scheef, W., Albert, H., Bücheler, E.: Therapie und Prognose des hypernephroiden Nierenkarzinoms. Med. Klin. 70, 873 (1975)

7. Chiesa, G.M., Frasson, F., Fugazzola, C., Pistolesi, G.F.: Kritische Bewertung angiographischer Befunde bei raumfordernden Nierenprozessen. Radiol. clin. 46, 165 (1977)

8. Communication from the AJUM Bioeffects Committee J. Clin. Ultrasound 5, 2 (1977)

9. Dana, A., Michel, J.R., Affre, J., Raust, J.V., Moreau, J.F., Tschopp, M., Journel, C.: Les possibilités et les limites diagnostiques de l'artériographie dans les cancers nécrosés du rein. J. Radiol. Electrol. 58, 785 (1977)

10. Davidts, H.H., Kaulen, H., Albrecht, K.F.: Ultraschalldiagnostik bei Nierenerkrankungen. Urologe 12, 283 (1973)

11. Doust, B.D., Maklad, N.F.: Control of Renal Cyst Puncture by Transverse Ultrasonic B-Scanning. Radiology 109, 679 (1973)

12. Doust, V.L., Doust, B.D., Redman, H.C.: Evaluation of Ultrasonic B-Mode Scanning in the Diagnosis of Renal Masses. Am. J. Roentgenol. 117, 112 (1973)

13. Ehler, R., Lutz, H., Petzold, R.: Ultraschall führt auch bei ausgefallener Nierenfunktion weiter. moderne medizin 6, 199 (1978)

14. Evens, R.G., Jost, R.G.: Economic Analysis of Body Computed Tomography Units Including Data on Utilization. Radiology 127, 151 (1978)

15. Fiegler, W., Friedrich, M., Sörensen, R.: Der Wert der Sonographie in der Diagnostik renaler raumfordernder Prozesse. Fortschr. Röntgenstr. 122, 2, 99 (1975)

16. Friedmann, G., Heuser, L.: Computertomographische Untersuchungen des Retroperitonealraumes. Internist 19, 586 (1978)

17. Gebauer, A.: Kontrastmittel. In: R. Heintz: Erkrankungen durch Arzneimittel. Stuttgart: Georg Thieme 1978

18. Gebauer, A., Scherer, U.: Differentialindikation für die Computertomographie und die Ultraschalluntersuchung. Internist 19, 568 (1978)

19. Gempel, P.A., Harris, G.H., Evens, R.G.: Comparative Cost Analysis: Computed Tomography vs. Alternative Diagnostic Procedures 1977 - 1980. Cambridge, Mass. Arthur D. Little 1977

20. Gerhard, P., Duwig, M., Kamphues, R.: Density Measurements of the Abdominal Organs in CT. Symposion Total Body CT, 29. 9. - 1. 10., Heidelberg 1977

21. Gerstner, R.: Grundlagen der Ultraschall-Diagnostik. Kretztechnik GmbH 1975

22. Goldberg, B.B., Ostrum, B.J., Isard, H.J.: Nephrosonography: Ultrasound Differentiation of Renal Masses. Radiology 90, 1113 (1968)

23. Goldberg, B.B., Pollack, H.M.: Differentiation of Renal Masses Using A-Mode Ultrasound. J. Urol. 105, 765 (1971)

24. Goldberg, B.B., Pollack, H.M.: Ultrasonic Aspiration Transducer. Radiology 102, 187 (1972)

25. Goldberg, B.B., Pollack, H.M., Kellerman, E.: Ultrasonic Localisation for Renal Biopsy. Radiology 115, 167 (1975)

26. Hately, W., Whitaker, R.H.: How Accurate is Diagnostic Ultrasound in Renal Disease? Brit. J. Urol. 45, 468 (1973)

27. Hellman, L.M., Duffus, G.M., Donald, I., et al.: Safety of Diagnostic Ultrasound in Obstetrics. Lancet 1, 1133 (1970)

28. Hermanek, P.: Nierenkarzinom. moderne medizin 6, 220 (1978)

29. Hilz, E.: Physik und Technik der Ultraschalldiagnostik. Elektromedizin 36, (Sonderausgabe) (1969)

30. Hohenfellner, R., Moormann, J.G., Straub, E.: Urologie des Kindes. In: C.E. Alken, W. Staehler: Klinische Urologie. Stuttgart: Georg Thieme 1976

31. Holm, H.H., Smith, E.H., Bartrum, R.J., Jr.: The Relationship of Computed Tomography and Ultrasonography in Diagnosis of Abdominal Disease. J. Clin. Ultrasound 5, 230 (1977)

32. Hounsfield, G.N.: Computerized Transverse Axial Scanning (Tomography). Brit. J. Radiol. 46, 1016 (1973)

33. James, A.E., Jr.: Ausgewählte zukunftsweisende radiologische Darstellungstechniken. Radiologe 17, 144 (1977)

34. King, D.L.: Renal Ultrasonography. An Aid in the Clinical Evaluation of Renal Masses. Radiology 105, 633 (1972)

35. Knoll, P., Habighorst, L.V.: Arteriographie in höherem Alter - Untersuchungen zu Risiko und Technik. Fortschr. Röntgenstr. 128, 3, 323 (1978)

36. Krauss, O., Schuhmacher, H.: Mensch-Phantommessungen mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) zur Bestimmung der Strahlendosis des Patienten bei der Ganzkörper-Computertomographie. Radiologe 16, 288 (1976)

37. Kresse, H.: Sonographie: Methodisch physikalische Grundlagen - Apparaturen. Internist 17, 539 (1976)

38. Kristensen, J.K., Holm, H.H., Rasmussen, S.N., Barlebo, H.: Ultrasonically Guided Percutaneous Puncture of Renal Masses. Scand. J. Urol. Nephrol. 6, Suppl. 15, 49 (1972)

39. Kropp, K.A., Grayhack, J.T., Wendel, R.M., Dahl, O.S.: Morbidity and Mortality of Renal Exploration for Cyst. Surg. Gyn. Obstet. 125, 4, 803 (1967)

40. Kyle, K.F., Deane, R.F., Morley, P., Barnett, E.: Ultrasonography of the Urinary Tract. Brit. J. Urol. 43, 709 (1971)

41. Lang, E.K.: The Differential Diagnosis of Renal Cysts and Tumours. Radiology 87, 883 (1966)

42. Lang, E.K.: The Accuracy of Roentgenographic Techniques in the Diagnosis of Renal Mass Lesions. Radiology 98, 119 (1971)

43. Lang, E.K.: Roentgenographic Assessment of Asymptomatic Renal Lesions. Radiology 109, 257 (1973)

44. Leopold, G.R., Talner, L.B., Asher, W.M., Gosink, B.B., Gittes, R.F.: Renal Ultrasonography: An Updated Approach to the Diagnosis of Renal Cyst. Radiology 109, 671 (1973)

45. Levitt, R.G., Geisse, G.G., Sagel, S.S., Stanley, R.J., Evens, R.G., Koehler, R.E., Jost, R.G.: Complementary Use of Ultrasound and Computed Tomography in Studies of the Pancreas and Kidney. Radiology 126, 149 (1978)

46. Liebeskind, D., Bases, R., Elequin, F., Neubort, S., Leifer, R., Goldberg, R., Koenigsberg, M.: Diagnostic Ultrasound: Effects on the DNA and Growth Patterns of Animal Cells. Radiology 131, 177 (1979)

47. Liebeskind, D., Bases, R., Mendez, F., Elequin, F., Koenigsberg, M.: Sister Chromatid Exchanges in Human Lymphocytes After Exposure to Diagnostic Ultrasound. Science 205, 1273 (1979)

48. Linke, G.: Technische Grundlagen der Computertomographie. Röntgenpraxis 30, 159 (1977)

49. Lissner, J., Schwarz, W.: Technik und Apparatur der Ganzkörper-Computertomographie. Internist 19, 559 (1978)

50. Lutz, H.: Ultraschalldiagnostik (B-Scan) in der inneren Medizin. Berlin: Springer 1978

51. Lutz, H., Petzold, R.: Ultraschall in der Tumordiagnostik. Strahlentherapie 154, 463 (1978)

52. Lyon, M.F., Simpson, G.M.: An Investigation into the Possible Genetic Hazards of Ultrasound. Brit. J. Radiol. 47, 712 (1974)

53. Marberger, M., Hohenfellner, R.: Das Nierenkarzinom. Nieren- und Hochdruckkrankh. 8, 253 (1979)

54. Mccullough, E.C., Payne, J.T., Baker Jr., H.L., Hattery, R.R., Sheedy, P.F., Stephens, D.H., Gedgaudus, E.: Performance Evaluation and Quality Assurance of Computed Tomography Scanners. Radiology 120, 173 (1976)

55. Olson, O.: Röntgendiagnostik des Urogenitalsystems. Teil 1. In: L. Diethelm, F. Heuck, O. Olson, K. Ranninger, F. Strand, H. Vieten, A. Zuppinger: Handbuch der medizinischen Radiologie. Berlin: Springer 1973
a) Examination Fundamentals
b) Urography
c) Renal Angiography
d) Renal Tumors

56. Osteaux, M., Jeanmart, L.: Nephrotomographie haute dose et artériographie dans le diagnostic des tumeurs rénales. J. Radiol. Electrol. 58, 279 (1977)

57. Ostrum, B.J., Goldberg, B.B., Isard, H.J.: A-Mode Ultrasound Differentiation of Soft-Tissue Masses. Radiology 88, 745 (1967)

58. Pearman, R.O.: Percutaneous Needle Puncture and Aspiration of Renal Cysts. J. Urol. 96, 139 (1966)

59. Pemsel, H.K., Hellwig, J., Drews, H.: Verkalkungen in raumfordernden Prozessen der Nieren. Fortschr. Röntgenstr. 126, 18 (1977)

60. Pizzarello, D.J., Vivino, A., Madden, B., Wolsky, A., Keegan, A.F., Becker, M.: Effect of Pulsed Low-Power Ultrasound on Growing Tissues. Exp. Cell Biol. 46, 179 (1978)

61. Plaine, L.J., Hinman, F.: Malignancy in Asymptomatic Renal Masses. J. Urol. 94, 342 (1965)

62. Pollack, H.N., Goldberg, B.B., Morales, J.O., Bogash, M.: A Systematized Approach to the Differential Diagnosis of Renal Masses. Radiology 113, 653 (1974)

63. Renders, G., Aboulker, P.: Limites de l'artériographie rénale dans le diagnostic différentiel entre cancer et kyste du rein. Ann. Urol. 10, 5 (1976)

64. Rosenberg, J., Weiss, B., Hernberg, J.: Nephrosonography: A New Diagnostic Tool. J. Urol. 106, 127 (1971)

65. Sagel, S.S., Stanley, R.J., Levitt, R.G., Geisse, G.: Computed Tomography of the Kidney. Radiology 124, 359 (1977)

66. Schmiedt, E.: Die Nieren- und Harnleitergeschwülste. In: C.E. Alken, W. Staehler: Klinische Urologie. Stuttgart: Georg Thieme 1976

67. Schreck, W.R., Holmes, J.H.: Ultrasound as a Diagnostic Aid for Renal Neoplasms and Cysts. J. Urol. 103, 281 (1970)

68. Schwerk, W., Braun, B., Eberle, F.: Ultraschalltomographie zystischer Fehlbildungen der Nieren. Fortschr. Röntgenstr. 131, 1, 29 (1979)

69. Selberg, W.: Pathologische Anatomie raumfordernder Nierenprozesse. In: Pathologie und Radiologie von Hochdruck- und Nierenerkrankungen. Symposion Freiburg März 1976

70. Seldinger, S.J.: Catheter Replacement of the Needle in Percutaneous Arteriography. A New Technique, Acta Radiol. 39, 368 (1953)

71. Siemens: Technische Prospekte von CT-Anlagen

72. Stanley, R.J., Sagel, S.S., Levitt, R.G.: Computed Tomography of the Body: Early Trends in Application and Accuracy of the Method. Am. J. Roentgenol. 127, 53 (1976)

73. Starck, D., Frick, H.: Repetitorium anatomicum. Stuttgart: Georg Thieme 1972

74. Struyven, J., Osteaux, M., Huvenne, R., Jeanmart, L.: Kidneys. In: A. Baert, L. Jeanmart, A. Wackenheim: Clinical Computer Tomography. Head and Trunk. Berlin: Springer 1978

75. Ulrich, W.D.: Ultrasound Dosage for Non-Therapeutic Use on Human Beings - Extrapolations from a Literature Survey. IEEE Trans. Biomed. Eng. 21, 48 (1974)

76. Ungerer, K.: Introduction to the Technology of Computer Tomography. In: A. Baert, L. Jeanmart, A. Wackenheim: Clinical Computer Tomography. Head and Trunk. Berlin: Springer 1978

77. Wallquist, L.: Factors of Importance for Primary Surgical Therapy in Renal Carcinoma - Nephrectomy and Kidney Resection. Scand. J. Urol. Nephr. Suppl. 4 (1969)

78. Wehner, J., Schentke, K.U.: Das Ultraschall-Nephrogramm zur Differentialdiagnose von Zyste und Tumor. Z. Urol. 63, 457 (1970)

79. Weingard, D., Kröpelin, T.: Röntgenologische Differentialdiagnose von Nierentumoren und Nierenzysten. In: Pathologie und Radiologie von Hochdruck- und Nierenerkrankungen. Symposion Freiburg März 1976

80. Wells, P.N.: Ultrasonics in Clinical Diagnosis. Edinburgh: Churchill Livingstone 1977

81. Wenz, W., Späh, U.: Kontrolluntersuchungen nach Katheterangiographie. In: E. Zeitler: Die Gefäßthrombosen nach Katheterangiographie. Bern 1970

82. Witten, D.M., Myers, G.H., Jr., Utz, D.C.: Emmett's Clinical Urography. Vol. 1. Philadelphia: Saunders 1977
a) Techniques and Applications of Urography
b) Techniques and Applications of Renal Angiography

83. Yeh, H.C., Wolf, B.S.: Ultrasonography and Computed Tomography in the Diagnosis of Homogeneous Masses. Radiology 123, 425 (1977)

Dankeswort

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. J. Lissner für die Überlassung des Themas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. A. Gebauer für seine freundliche Unterstützung bei der Ausfertigung der Arbeit.

Lebenslauf

Am 18. März 1954 wurde ich, Martin Hermann Georg Brommer, in Aschaffenburg geboren als erster Sohn des Arztes Dr. med. Werner Brommer und seiner Ehefrau Elisabeth Brommer, geborene Fischer.

Von 1960 - 1964 besuchte ich die Volksschule in Lindenberg im Allgäu und von 1964 - 1973 das Gymnasium Lindenberg im Allgäu, wo ich am 8. Juni 1973 die Reifeprüfung ablegte.

Von 1974 - 1980 studierte ich Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München, wo ich im Mai 1980 am Dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung teilnehmen werde.